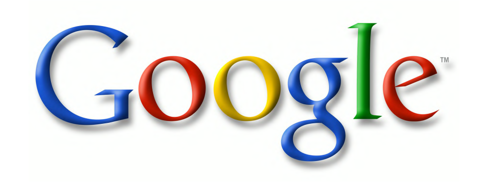
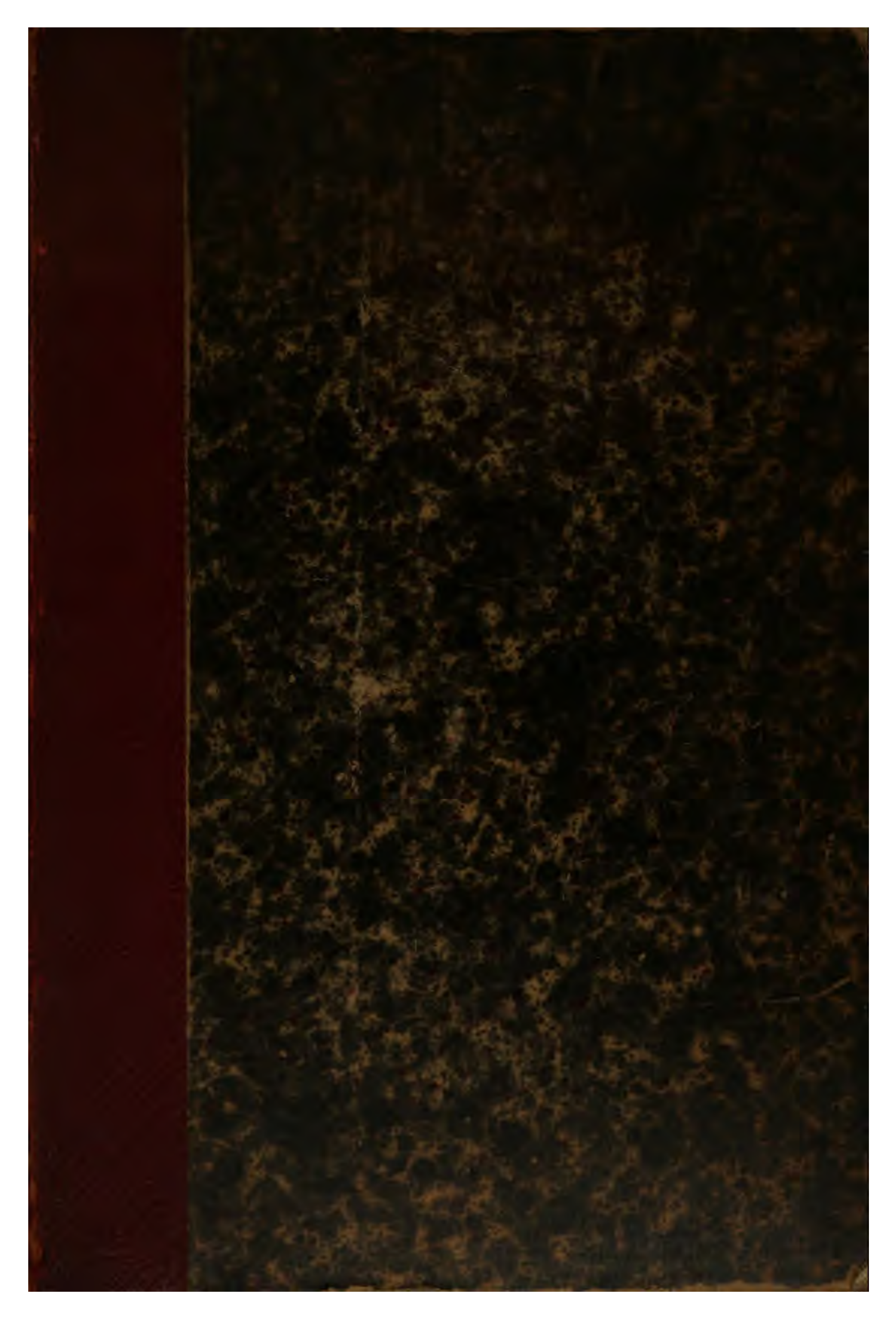
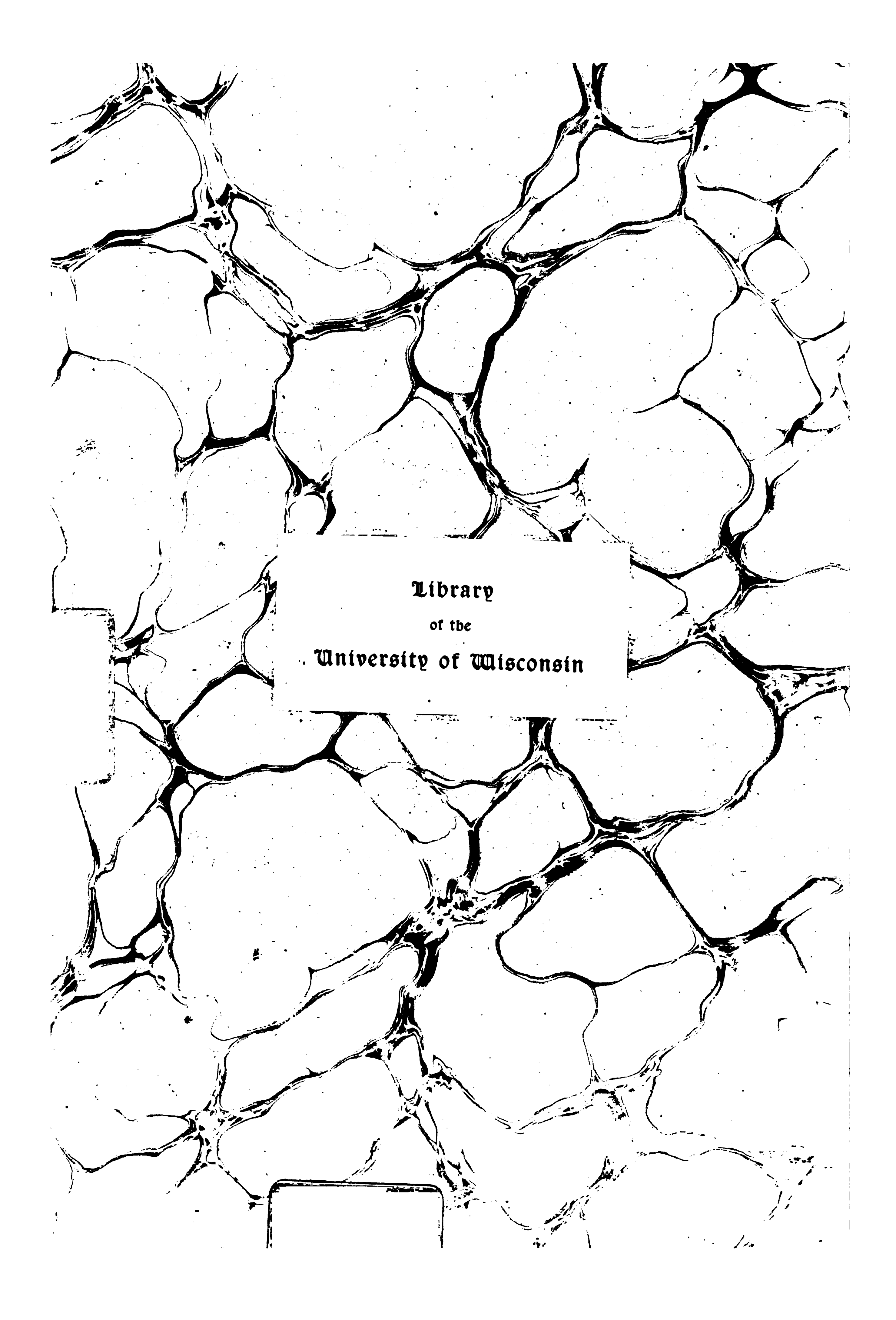
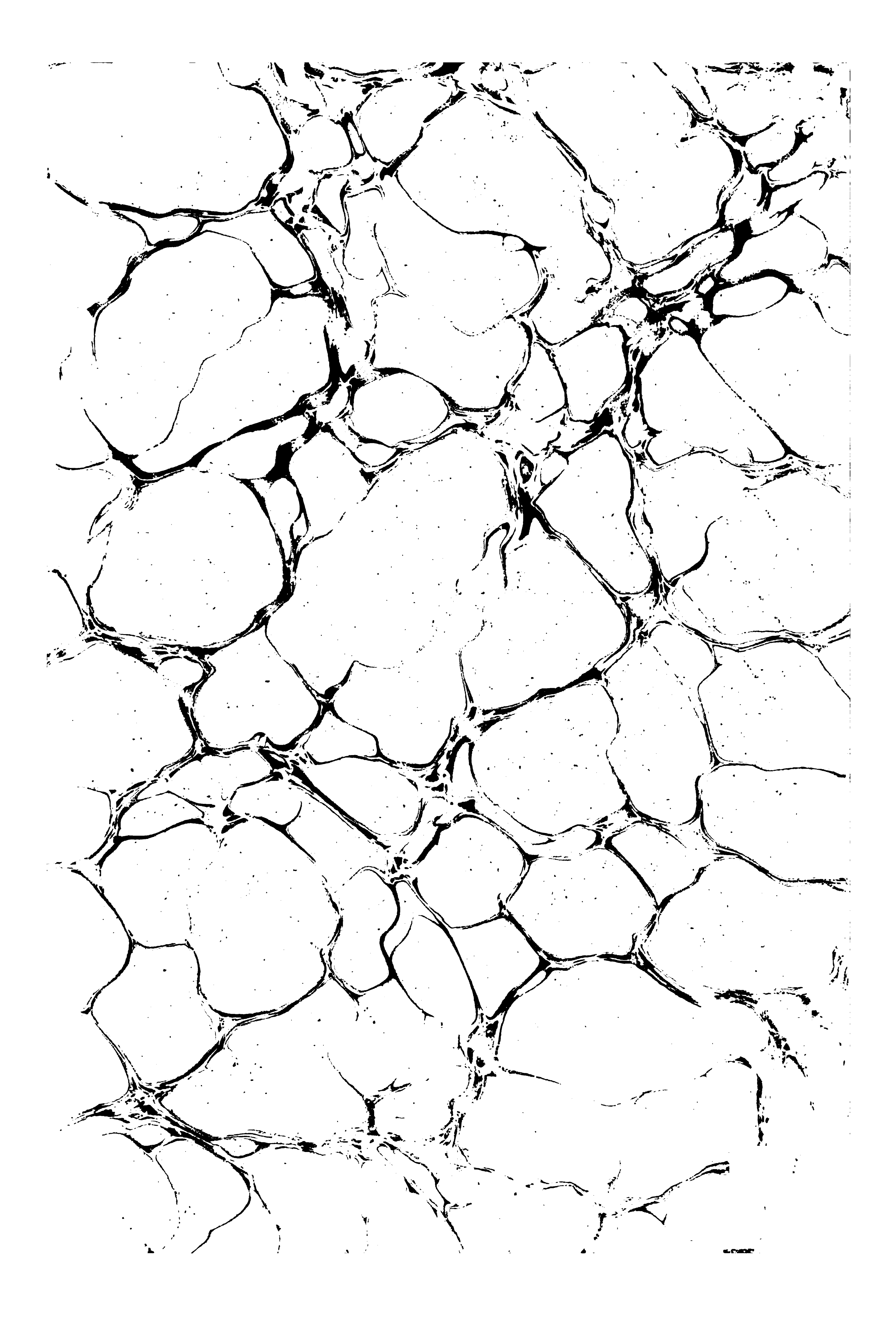








LE
MATÉRIEL ET LES PROCÉDÉS
DE L'EXPLOITATION DES MINES
A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

COURBEVOIE

IMPRIMERIE E. BERNARD ET CIE

14, RUE DE LA STATION, 14

BUREAUX A PARIS 29, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS

LE

MATÉRIEL ET LES PROCÉDÉS

DE

L'EXPLOITATION DES MINES

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

PAR

M. BOUTTÉ

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES



PARIS

E. BERNARD ET Cie, IMPRIMEURS-ÉDITEURS

29, Quai des Grands-Augustins, 29

—

1902

LE

MATÉRIEL ET LES PROCÉDÉS

DE

L'EXPLOITATION DES MINES

à

L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

PAR

M. BOUTTÉ

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES
ANCIEN INGÉNIEUR DIVISIONNAIRE DES MINES DE CARMAUX

AVANT-PROPOS

La crise du charbon, qui sévissait assez durement en Europe au moment même où s'ouvrait à Paris l'Exposition universelle, donnait cette année un regain d'actualité à l'Industrie minière. Nous devons rester dans le cadre technique qui nous est réservé et nous n'avons pas plus à relater qu'à discuter ici les causes de la hausse importante qui s'est manifestée sur les prix de vente, malgré une surproduction des houillères du monde entier. Mais en présence des perfectionnements qui ont été apportés depuis dix ans au matériel et aux procédés de l'exploitation des mines, et en raison des besoins toujours croissants de la métallurgie et des entreprises maritimes, il nous a semblé intéressant d'établir un rapprochement entre les quantités de charbon consommées pendant les années 1889 et 1899, afin que nos lecteurs puissent juger des résultats qui ont été obtenus avec l'outillage actuel et du développement dont celui-ci est susceptible pour répondre à un nouvel accroissement de la production, déjà élevée, des mines de houille.

PRINCIPAUX PAYS PRODUCTEURS (1)	ANNÉE 1889	ANNÉE 1899
	tonnes	tonnes
Etats-Unis d'Amérique	85 383 000	218 000 000
Grande-Bretagne	176 917 000	212 000 000
Allemagne	67 342 000	110 000 000
France	23 852 000	32 500 000
Belgique	19 870 000	22 000 000
Autriche-Hongrie	9 950 000	12 500 000
Russie	6 197 000	11 900 000
Indes anglaises	1 946 000	4 250 000
Canada	2 658 000	4 100 000
Totaux . . .	391 115 000	627 250 000

(1) Tableau publié au *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils* du mois d'avril 1900.

En dix années, la production houillère du globe est donc passée de 394 à 627 millions de tonnes, soit une augmentation de 159 0/0.

Le fait le plus saillant de cette comparaison réside dans l'énorme augmentation du tonnage des États-Unis (255 0/0) qui a nécessité de nombreux perfectionnements du matériel d'exploitation. Les progrès de la mécanique en général et de l'électricité en particulier, ont permis de modifier les appareils anciens, d'en créer de nouveaux, plus puissants, et de les mieux adapter au genre de travail à obtenir; c'est ainsi que l'emploi des haveuses mécaniques, pendant les cinq dernières années, a contribué en grande partie à élever les États-Unis au premier rang des pays producteurs de charbon.

Le minimum du prix de revient sur le carreau de la mine a été atteint dans les Indes (4 fr. 50 par tonne) et le maximum dans la colonie du Cap (17 fr. 80). Sur le Continent, la France détient le maximum avec 10 fr. 80, alors que les États-Unis arrivent à peine à 5 fr. 75. La production annuelle par ouvrier est à peu près en raison inverse des chiffres précédents: de 56 t. au Cap, elle passe à 216 t. en France, pour atteindre 450 t. aux États-Unis.

Il résulte de cet exposé très succinct que les industries de l'Europe devront compter, à bref délai, avec les États-Unis, dont l'exportation de houille prendra une grande importance, au détriment de celle de la Grande-Bretagne.

La France, l'Allemagne et la Russie, dont la consommation est, chaque année, de plusieurs millions de tonnes supérieure à la produc-

tion, ont commencé en 1899 leurs achats en Amérique et les ont augmentés en 1900 dans de notables proportions, à des prix relativement avantageux.

Les houillères européennes cherchent à rétablir l'équilibre, dans une certaine mesure; elles suivent l'impulsion donnée par les États-Unis en armant leurs fosses d'appareils d'extraction plus puissants et en multipliant les applications de l'électricité. L'évolution se fait assez lentement, si on en juge par le faible développement des installations présentées à l'Exposition, mais elle semble se généraliser et il est regrettable que les Sociétés minières anglaises et allemandes n'aient pas cru devoir se joindre à celles des autres puissances pour montrer les progrès d'ensemble qui ont été réalisés sur le vieux continent. Les constructeurs ont un peu comblé cette lacune en exposant quelques appareils établis spécialement pour les houillères d'Angleterre et d'Allemagne et différents mémoires, présentés au Congrès des Mines et de la Métallurgie, ont relaté certaines applications de procédés d'extraction nouveaux; mais la question reste entière en ce qui concerne l'abatage proprement dit et l'utilisation de l'énergie électrique pour le fonctionnement des machines du jour et du fond.

Les houillères et les constructeurs de la France, de la Belgique et de la Russie, pour ne citer que les principaux pays producteurs de charbon, ont donné au contraire une grande extension à leurs expositions particulières, et nous y avons trouvé beaucoup de documents intéressants.

Aux nombreuses applications électriques qui ont été faites sur les appareils de mines, et à l'augmentation de la puissance des engins d'extraction, dont nous venons de parler, il y a lieu de joindre le développement des ateliers de préparation mécanique, qui prend, en France, une importance considérable. Les industriels ne se sont pas contentés d'une simple augmentation de la quantité de houille qu'ils consomment annuellement; chacun d'eux a exigé bientôt la qualité et la grosseur de charbon qui lui ont paru indispensables pour obtenir une meilleure utilisation du combustible. D'autre part, la métallurgie demandait toujours de plus grandes quantités de coke et les houillères voyaient de ce côté un débouché avantageux pour les menus et les fines, sous réserve d'un lavage préalable.

La concurrence aidant, les Compagnies ont dû se préoccuper de satisfaire leur clientèle du mieux possible, en adoptant une classification

plus complète et en faisant subir à leurs charbons une préparation mécanique en rapport avec les nécessités commerciales. Les mines allemandes ont déjà pris la tête du mouvement en montant des laveries importantes sur leurs fosses mêmes et la plupart des grandes installations de triage et de lavage qui figuraient à l'Exposition, dans la Section française, ont été construites en Allemagne ou inspirées par des spécialistes allemands et belges (Humboldt, Schutermann et Kremer, Lührig et Coppée). Il est à désirer que les constructeurs français entrent résolument dans cette nouvelle voie, en combinant à leur tour des laveries capables de répondre aux besoins de nos houillères.

Il ne saurait être question ici d'examiner en détail chaque installation présentée et chaque appareil exposé ; ce travail nous entraînerait beaucoup trop loin.

Nous relaterons simplement, avec quelques explications générales sur leur but et leur importance, les dispositions nouvelles, les machines et les applications les plus remarquables, en laissant aux intéressés le soin de compléter ces indications par une étude plus approfondie de chaque question.

La classe 63 présentait un intérêt particulier pour le mineur en raison du groupement des expositions des houillères et des maisons qui fabriquent surtout le matériel d'exploitation ; cependant, par suite de la disposition adoptée au Commissariat général pour le classement des objets exposés, un très grand nombre de machines et d'appareils de mines se trouvaient répartis dans les Palais du Champ-de-Mars, dans ceux du Trocadéro et à l'annexe de Vincennes. Chaque section, française ou étrangère, des classes de la Mécanique générale, de l'Électricité, du Génie Civil, etc., devait faire l'objet d'une visite spéciale ; les recherches étaient quelquefois difficiles, les parcours souvent pénibles et les pertes de temps assez considérables, de sorte que l'unité d'appréciation faisait défaut.

Nous avons essayé de reconstituer cette unité en adoptant une classification en chapitres, habituelle aux mines, et en groupant dans chaque chapitre les différents appareils exposés un peu partout. Ce groupement, nécessaire pour la clarté de notre travail, nous a empêché de consacrer un chapitre spécial à la tentative remarquable, et couronnée de succès d'ailleurs, qui a été faite par le Comité des houillères de France, pour donner aux visiteurs une impression exacte des parties principales d'une exploitation minière et les initier aux travaux souterrains, toujours mystérieux, mais rarement appréciés d'une façon impartiale.

La visite des galeries et des chantiers creusés sous le Trocadéro par les soins du Comité, et aménagés avec le concours des principales Sociétés françaises de mines, a contribué pour une large part au succès d'ensemble de l'Exposition.

Au jour, la partie rétrospective, confiée à la Compagnie d'Anzin, a permis de faire revivre l'histoire des progrès de l'art des mines depuis un siècle. Du vieux puits rectangulaire, grossièrement boisé, dans lequel se balançait un tonneau, à la fosse creusée sur 5 m. de diamètre pour recevoir la cage à 12 berlines ; du toit de chaume abritant les haridelles d'un manège, au chevalement qui recouvrait la machine d'extraction de 3 000 chevaux, quelle leçon de choses pour le visiteur !

Au fond, les Sociétés de Lens, de Bruay, de Marles, de Commentry, de Saint-Bel, d'Angers, etc., avaient installé à grands frais les machines les plus perfectionnées et le matériel le plus récent en usage dans leurs exploitations. L'air comprimé et l'électricité y jouaient les premiers rôles et les mineurs qui servaient de guides, donnaient les explications utiles au milieu du bruit habituel des mines et du roulement sourd des wagonnets. Après la houille, le fer, puis la galène et la blende, le sel gemme, les ardoises, et enfin les filons d'or du Transvaal, étaient successivement dévoilés aux profanes.

Tous ces modèles d'exploitation, reliés par des travers-bancs, furent combinés d'une façon heureuse pour instruire en intéressant ; ils ont fait le plus grand honneur aux organisateurs de l'exposition souterraine du Trocadéro.

En résumé, l'industrie minière française a donné à l'Exposition de 1900 l'éclat qu'on était en droit d'attendre de sa participation. Les Sociétés houillères ont lutté d'ingéniosité pour présenter, sous forme de plans en relief, de modèles réduits et de coupes sur verres, les installations d'ensemble, les appareils nouveaux et les gisements, toutes les caractérisques de leurs exploitations. Plusieurs Sociétés se sont particulièrement distinguées en reproduisant à petite échelle tout ou partie de récentes installations de la surface, avec un luxe de détails et un soin d'exécution qui donnaient à chaque ensemble la valeur d'un chef-d'œuvre de précision mécanique. Une mention spéciale doit être faite des installations extérieures du siège N° 5 de Bruay, dont la machinerie était mue à l'air comprimé, et de la laverie en miniature de Béthune qui fonctionnait entièrement par l'électricité.

De leur côté, les constructeurs n'avaient pas hésité à produire le plus

grand nombre possible de machines et d'appareils d'exploitation, actionnés en général au moyen de dynamos, afin que les visiteurs puissent se rendre compte du fonctionnement de tous les organes.

Tant d'efforts ne resteront pas stériles. La constatation des progrès accomplis dans l'art des mines ne peut qu'engendrer d'autres progrès qui permettront aux houillères de prendre un nouvel essor et de faire face aux exigences croissantes du Commerce et l'Industrie.

CHAPITRE PREMIER

SONDAGES

Sondages. — Les trois grandes Maisons françaises d'entreprises de sondages, Arrault, de Hulster frères, Lippmann et Cie, exposaient dans la Classe 63 le matériel habituel de trépans, sondes, outils de sauvetage, etc., employés dans les sondages à grande profondeur.

Dans l'annexe de la même classe, MM. de Hulster présentaient en nature une installation complète, pour sondage à 1 000 m, composée d'une baraque de sondage, d'un treuil à vapeur de 35 chevaux, d'une chaudière tubulaire de 40 chevaux, d'un cylindre à simple effet avec balancier pour le battage, d'une sonde complète à guidage continu et d'une cuiller à soupape pour curage.

Nous n'insisterons pas sur le détail de ce matériel, devenu d'un emploi courant ; nous signalerons seulement le nouveau procédé imaginé par MM. Lippmann et Cie, pour produire le battage rapide avec emploi de la sonde creuse et pouvoir instantanément recourir au battage à chute libre, avec ou sans injection d'eau. Cette facilité de passer au battage à chute libre permet d'attaquer avec une percussion énergique, non seulement des passages trop résistants pour la sonde creuse rigide, mais encore ceux dans lesquels la déviation de celle-ci est à redouter. Le nombre de coups par minute sera moindre avec la chute libre ; mais ce ralentissement semble s'imposer quand on quitte les morts terrains, et surtout pour confectionner les « carottes », quand on croit approcher de couches intéressantes pour la recherche même ou pour la constatation des étages géologiques. D'ailleurs, et c'est là une des particularités du système, l'emploi de la chute libre avec injection d'eau assurera l'économie du temps que prend le curage à la cuiller dans le sondage à chute libre ordinaire.

Pour obtenir le battage rapide, on utilise un moteur à rotation analogue à celui qu'on emploie pour les sondages par chute libre à débrayage ou à poids mort. La sonde, composée de tiges en fer creux, est suspendue à l'avant du balancier par une vis de rallonge et se trouve

équilibrée par un contre-balancier à charge variable, attelé à l'arrière. Des rondelles Belleville sont interposées par-dessus et par-dessous le balancier et le contre-balancier, entre la tête et l'écrou de chacun des deux boulons d'attache. Quand on imprime au balancier le mouvement ascensionnel, le contre-balancier le suit jusqu'au moment où il rencontre une butée, réglée de manière à agir quelques secondes avant que le balancier n'atteigne son point haut. Le mouvement se continue malgré l'arrêt du contre-balancier, grâce à l'élasticité des rondelles Belleville et à l'action du volant calé sur le moteur, dont la rapidité de marche fait que la sonde et son trépan sont projetés sur le fond de tout leur poids et de plusieurs centimètres de hauteur. Les rondelles agissent encore pour arrêter la flexion de la sonde qui est soulevée de suite par le moteur, aidé par la reprise du fonctionnement du contre-balancier d'équilibre. La suspension de la sonde est à émerillon, afin qu'il soit possible de lui imprimer pendant le battage un mouvement de rotation obtenu soit à la main, soit automatiquement.

On assure ainsi un battage de 70 à 80 coups par minute ; l'injection de l'eau s'effectue par une pompe foulante ou rotative, envoyant directement l'eau dans la tête de sonde ou dans un réservoir élevé, mis en communication permanente avec celle-ci.

Quand on voudra obtenir le battage à chute libre, le mouvement décrit précédemment servira à faire fonctionner une coulisse à choc, d'un nouveau système. La glissière qui porte le trépan, surmonté d'une puissante maîtresse tige en fer plein, coulisse entre deux flasques ; sa tête, de section carrée, est saisie à la descente de la sonde, dans une mâchoire en acier formée par deux taquets verticaux ; le mouvement de ces taquets est guidé par deux doubles rainures obliques, dans lesquelles glissent les tourillons qui font corps avec chacun des deux galets.

Quand le trépan repose sur le fond du trou, la sonde redescend avec les flasques qui portent les taquets et ces derniers s'écartent, poussés par la tête de la coulisse ; la sonde remonte, les taquets, qui tendent à se rapprocher, enserrent la tête de la coulisse avec d'autant plus d'intensité que la charge soulevée est plus pesante. Mais à la fin de la course du balancier, le choc du contre-balancier se produit brusquement, les deux taquets, projetés en l'air, s'écartent et le trépan retombe de tout son poids sur le fond.

Cet appareil ne présente aucun organe extérieur, condition essentielle pour la substitution immédiate, en cours de travail, du battage à chute libre avec injection d'eau au battage à la sonde creuse. A cet effet, la

coulisse à choc est reliée à la sonde creuse par un tube perforé à deux tubulures descendant de chaque côté de la coulisse, tout le long de la maîtresse tige. Ces tubulures sont fixées contre les deux flasques, à l'aide d'un petit collier, et reliées entre elles, un peu plus bas, par un ou deux cercles en fer plat enveloppant la tige du trépan; la longueur des tubulures est telle que leur pied touche le fond du trou au moment où le trépan commence à être soulevé. Leur position est analogue à celle du double tringlage des coulisses de chute libre à poids mort.

Dans ces conditions, le forage s'exécutera à l'aide de la percussion du trépan en chute libre, sans être gêné par l'injection d'eau qui agira sur le fond pour faire évacuer, par entraînement jusqu'à la surface, les résidus du broyage. On comprend que rien ne s'oppose à l'enlèvement des descentes latérales si on veut opérer sans injection d'eau; mais cette innovation permet de faire l'injection avec tout autre système de coulisse à chute libre, à choc, à débrayage ou même à poids mort. Dans les premiers cas, il suffit de joindre, par flexibles, rotules, etc., les tubulures avec la sonde creuse; pour la chute libre à poids mort, les tubulures feront l'office du tringlage portant le chapeau du déclic et leur extrémité supérieure sera reliée à la sonde creuse par un tube à glissière.

Sondage au diamant. — M. de Woyslaw, ingénieur des mines, présentait dans la section russe un nouvel appareil à main de sondage au diamant, avec un système spécial d'encastrement pour les diamants de la couronne.

L'appareil se compose d'un affût, de tiges et d'une sonde cylindrique (fig. 1).

L'affût comprend deux arbres munis de manivelles et deux pignons qui engrènent avec une roue, fixée sur une douille tournant dans une traverse à levier. La douille est entaillée pour recevoir la barrure d'un tuyau creux en bronze *g*, muni de trois vis de pression qui serrent la tige de sonde passée à l'intérieur du tuyau; cette tige descend donc librement avec le tuyau, tout en recevant le mouvement de rotation transmis par les manivelles. La traverse à levier permet de donner à la tige l'inclinaison nécessaire par l'intermédiaire d'anneaux *k* et de vis.

Les tiges comprennent une série d'allonges tubulaires creuses à surface lisse, s'ajustant l'une à l'autre au moyen de douilles à filet trapézoïdal, et une clef de relevée à chape et à anneaux de suspension *n*.

L'outil perforateur se compose d'un cylindre creux *m* ajusté à la tige

par un manchon d'accouplement et vissé à sa partie inférieure à la couronne *t*. Un emporte-pièce est logé dans le tronc de cône de la couronne et sa paroi intérieure est munie de cannelures longitudinales. La

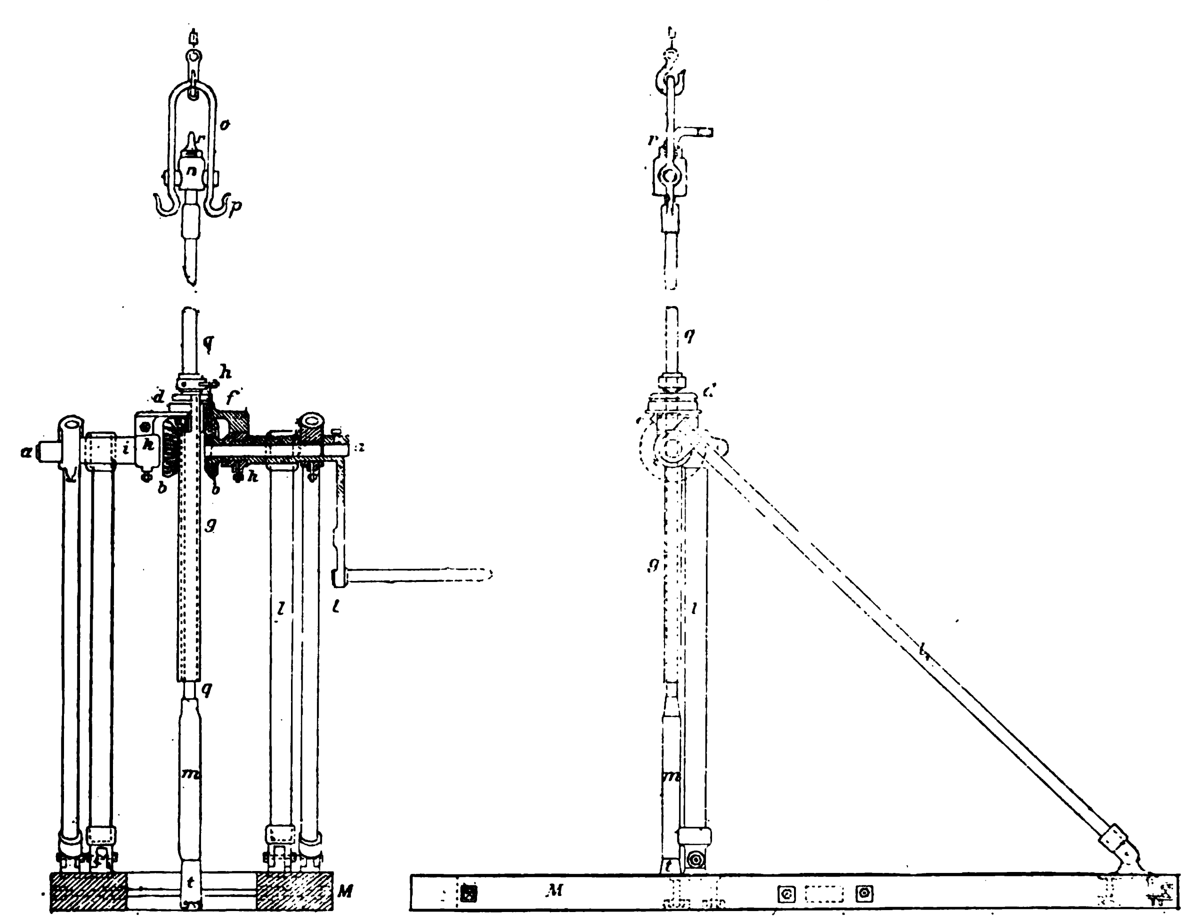


Fig. 1. — Sondage au diamant de Woyslaw.

petite colonne de roche forée par la couronne vient s'engager dans l'emporte-pièce; celui-ci, poussé vers le haut du cylindre *m* par l'avancement de la sonde, s'y arrête en un point déterminé par des saillies, tandis que la colonnette de roche continue à monter. Quand on relève la tige, l'emporte-pièce redescend, se resserre graduellement et arrache la petite colonne de roche.

L'eau nécessaire au déblayage est amenée dans le trou de sonde par un tuyau en caoutchouc, relié à la tête de la tige au moyen de la boite de la clef de relevée. Le fonctionnement de la pompe foulante est indépendant du mouvement de rotation de la tige, de sorte qu'on peut faire

passer dans le trou de sonde, à n'importe quel moment, la quantité d'eau jugée utile.

Couronne. — Les différents systèmes connus pour l'encastrement des diamants exigent l'emploi de gros diamants, d'un prix élevé, et ne permettent pas une bonne répartition à la surface de la couronne. M. de Woyslaw remédie à ces inconvénients au moyen du procédé suivant : on creuse dans un clou, en acier spécial, une petite excavation correspondant aux dimensions du diamant à encastrer ; on chauffe au blanc et on introduit rapidement le diamant enveloppé dans une feuille d'acier de 2/100 de millimètre, couverte de soudure ; puis on place le clou dans une presse qui enfonce complètement le diamant et son enveloppe dans la masse d'acier ; on coupe ensuite l'extrémité du clou opposée au diamant et on lui donne la forme voulue pour l'insérer dans la couronne, généralement celle d'un tronc de pyramide (fig. 2).

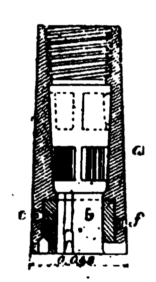




Fig. 2.
Couronne.

La partie inférieure de la couronne se compose de deux anneaux concentriques ; les clous précédents sont introduits dans l'anneau extérieur par la face externe, et dans l'anneau intérieur par la face interne ; on place ensuite les anneaux l'un dans l'autre et on les serre par une vis. Les diamants du milieu sont encastrés dans des clous cylindriques, fixés à leur tour dans les excavations correspondantes de la couronne ; il en est de même des diamants latéraux. Toutes les fissures sont enfin soudées soigneusement à l'étain.

La couronne a 48 mm. de diamètre ; elle est généralement munie de 18 diamants de 1/2 à 3/4 carat, dont 6 latéraux ; elle a ainsi beaucoup de points de contact avec la base du trou de sonde, ce qui est précieux dans les roches non homogènes. Les diamants latéraux permettent de régulariser les parois du trou de sonde et de maintenir son diamètre constant.

Perforatrice à diamants. — La Compagnie manufacturière M. C. Bullock de Chicago, exposait à Vincennes plusieurs types d'un appareil de sondage, dit « Perforatrice à diamants », en fonctionnement par l'air comprimé.

Cette machine, d'une combinaison mécanique très ingénieuse, se compose d'un petit moteur à deux cylindres marchant à l'air comprimé

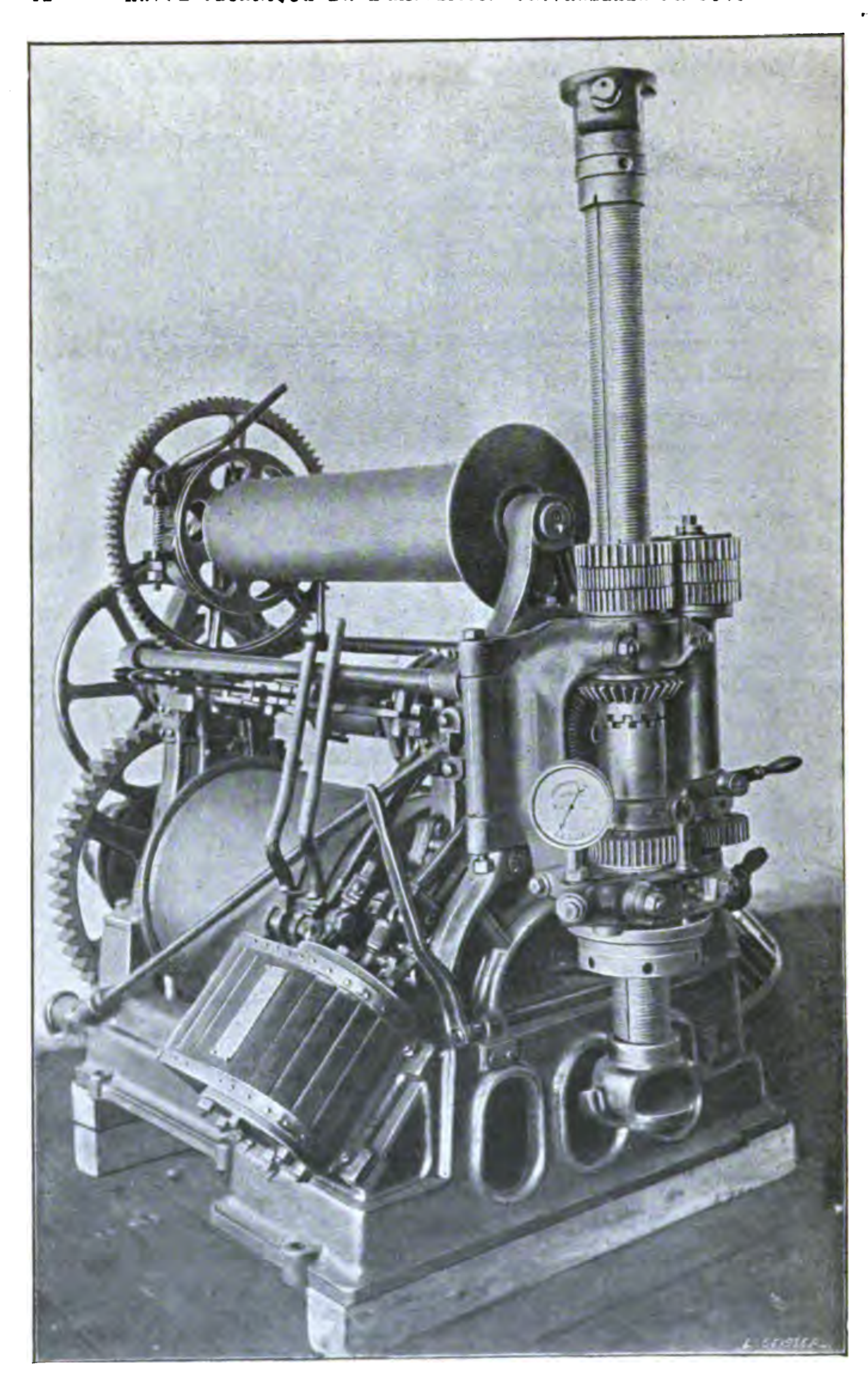


Fig. 3.

ou à la vapeur, capable de donner, par engrenages, le mouvement de rotation à une sonde à diamants noirs et à un treuil montés sur un bâti commun.

La sonde tourne à trois vitesses, par la simple manœuvre de deux leviers d'enclanchement, et un manomètre indique la pression exercée par l'outil au fond du trou, de sorte qu'il est facile de faire varier le nombre de tours par minute suivant la dureté de la roche en présence.

Un manchon spécial, qui s'adapte aux tiges creuses, permet l'extraction facile du noyau cylindrique; les échantillons présentés à l'Exposition montraient parfaitement la nature et l'épaisseur des roches traversées.

Le mécanisme de commande de la sonde est groupé sur un couvercle mobile autour d'une charnière verticale, afin qu'il puisse être dégagé du bâti pour la visite et le remplacement des pièces qui le composent. L'ensemble de ce mécanisme se déplace avec la tête de sonde autour d'un axe horizontal pour obtenir le forage dans toutes les directions possibles.

Le treuil reçoit un câble qui passe sur une poulie fixée au chevalet de sondage et vient s'attacher successivement à la tête de chaque tige, quand il s'agit de remonter la ligne de tiges.

Enfin, la couronne reçoit habituellement 8 diamants noirs, de un à deux carats chacun, sertis à l'intérieur et à l'extérieur de la bague

Ces appareils sont devenus d'un usage courant dans l'Afrique du Sud où ils forent des trous, dont la profondeur atteint jusqu'à 3500 pieds.

CHAPITRE II

FONÇAGE

Fonçage par congélation. — Le procédé de fonçage des puits par la solidification des terrains inconsistants a été imaginé et appliqué pour la première fois en **1883** par **M.** Poetsch, dans la concession de Douglas (Cercle de Magdebourg). Malgré les discussions auxquelles il donna lieu à cette époque, il fût employé au fonçage de plusieurs puits, au cours des années suivantes, et en **1889**, **M.** Dujardin-Beaumetz, après avoir signalé son succès à la fosse Jessenitz en Mecklembourg, l'indiquait avec raison comme devant prendre rang parmi les procédés de l'Industrie minière.

Mines de Lens. — La Société des Mines de Lens l'introduisit en France, en **1890**, pour le fonçage de son avaleresse N° **10**, et le N° **10** *bis*, entrepris immédiatement après le précédent, permit de donner au procédé un caractère tout à fait pratique. Un troisième puits, le N° **5** *bis*, fût exécuté ensuite par la même société, qui songea alors à faire du procédé une application toute nouvelle et particulièrement intéressante pour la réfection du cuvelage de la fosse N° **1**. L'opération réussit à merveille ; le vieux cuvelage en bois fût enlevé sur une hauteur de **70** m. et remplacé par un cuvelage neuf, sans qu'il y ait eu la moindre venue d'eau.

Mines d'Anzin. — Les Compagnies houillères du Nord et du Pas-de-Calais, qui doivent foncer leurs puits dans des terrains très souvent ébouleux, donnant lieu à des venues d'eau considérables, suivirent bientôt l'exemple donné par la Société de Lens. La Compagnie d'Anzin présentait, au Pavillon de l'Exposition minière souterraine du Trocadéro, un modèle réduit du procédé de congélation, appliqué en **1892** au fonçage de l'une de ses nombreuses fosses, avec le perfectionnement qu'elle y a apporté par l'addition d'un tube d'équilibre central. Ce tube permet de reconnaître le moment précis où la muraille de glace est fermée sur tout son pourtour ; à ce moment, l'eau provenant de l'inté-

rieur du puits, s'élève dans le tube. Il permet aussi à l'eau contenue dans l'intérieur du cylindre de glace, de s'évacuer à la surface sous la pression créée par l'augmentation du volume de la glace par rapport à l'eau ; on annule ainsi, à l intérieur du puits, toute surpression capable d'écraser les tubes de circulation du liquide froid.

Mines de Béthune.—La Compagnie des Mines de Béthune a employé le procédé de fonçage par congélation au puits N° 8 *bis*, pour la traversée des trente premiers mètres.

Le N° 8 *bis* est un puits de 4 m. de diamètre, cuvelé en fonte, et placé à 45 m. de la fosse d'extraction. La forte venue d'eau du niveau dans cette région et la nature particulièrement ébouleuse des terrains jusqu'à 20 m. de profondeur, décidèrent l'emploi du procédé Poetsch. Le terrain devait être congelé jusqu'à la profondeur de 30m,75 ; la partie centrale ne devait être congelée qu'à la base et, au-dessous de 35m,25 le terrain ne devait être congelé ni au centre, ni à la périphérie.

La congélation fût commencée le 15 août 1897 ; la température des terrains baissa assez rapidement et, dès le 17 août, le chlorure de calcium avait au retour 18° C. ; le 21 août, la température tombait à 20°, la pompe battait alors 100 coups par minute, et le 30 août le thermomètre accusait 21° ; aussi comptait-on pouvoir commencer le fonçage après trois semaines de marche, c'est-à-dire vers le 7 septembre.

Mais à partir des premiers jours de septembre, les progrès de la congélation furent très lents. Les terrains conservaient leur consistance normale et on ne voyait pas apparaître de glace à la surface de l'eau. Des essais de creusement, effectués le 18 septembre, montrèrent que la muraille de glace n'était pas formée ; après plusieurs épuisements, l'eau remontait presque instantanément à son niveau primitif.

Le succès final de l'opération paraissait cependant assuré, car la machine à glace fonctionnait bien et la température du terrain diminuait régulièrement. La formation de la glace autour des tubes congélateurs était seulement trop lente.

Pour se rendre compte des causes du retard qui se produisait, on fût amené, en outre des observations sur la température du terrain à congeler et sur celle de l'atmosphère au fond de l'avant-puits, à mesurer, à dater du 28 septembre, le plus exactement possible, les hauteurs du niveau de l'eau dans le puisard de la fosse à creuser. Ces différentes observations se faisaient trois fois par jour ; les résultats journaliers moyens sont consignés dans le graphique page 16.

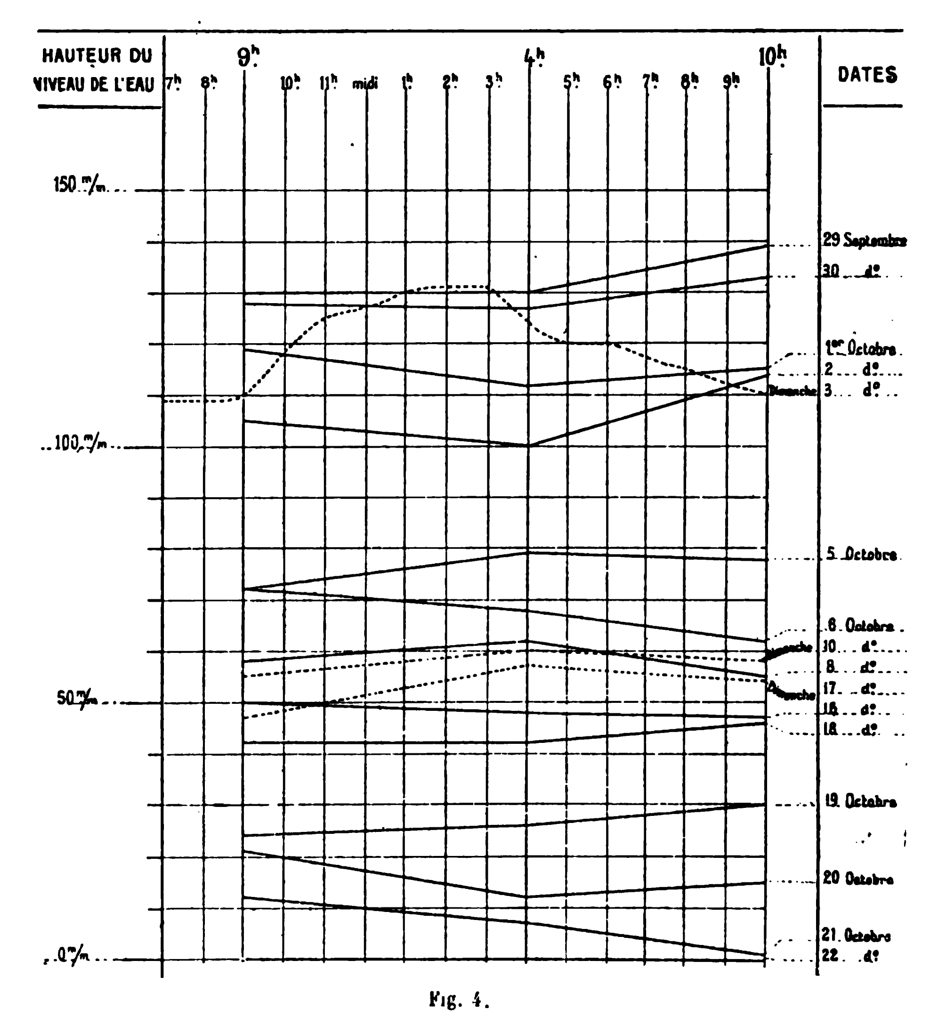


Fig. 4.

On constata, dès le début, que le niveau de l'eau variait très sensiblement d'une heure à l'autre et d'un jour à l'autre.

Ce mouvement inattendu du niveau de la nappe aquifère causait certainement un grand retard à la congélation. Du 28 septembre au 22 octobre, le niveau moyen baissa de 145 mm ; il resta stationnaire le 22 et commença à remonter régulièrement à dater du 23 ; son ascension fût rapide, car le 2 novembre il arriva à 980 mm. en dessus du minimum observé le 22 octobre.

Ce mouvement ascensionnel régulier donnait la certitude que l'on avait obtenu une congélation complète des parois et du fond du puits. Il fût d'ailleurs facile de s'en rendre compte : le 25 et le 26 octobre, le chlorure marquant — 23° au retour, on épuisa et on approfondit

l'avant-puits : l'eau ne put jamais reprendre son niveau. Quelques jours après, on décida alors de commencer le creusement (3 novembre).

Il était intéressant de rechercher les causes des variations que l'on avait observées dans les hauteurs du niveau de l'eau en dehors des hypothèses que l'on pouvait faire sur la présence de failles ou de courants souterrains. L'étude des graphiques ci-joints permet d'en établir deux bien certaines.

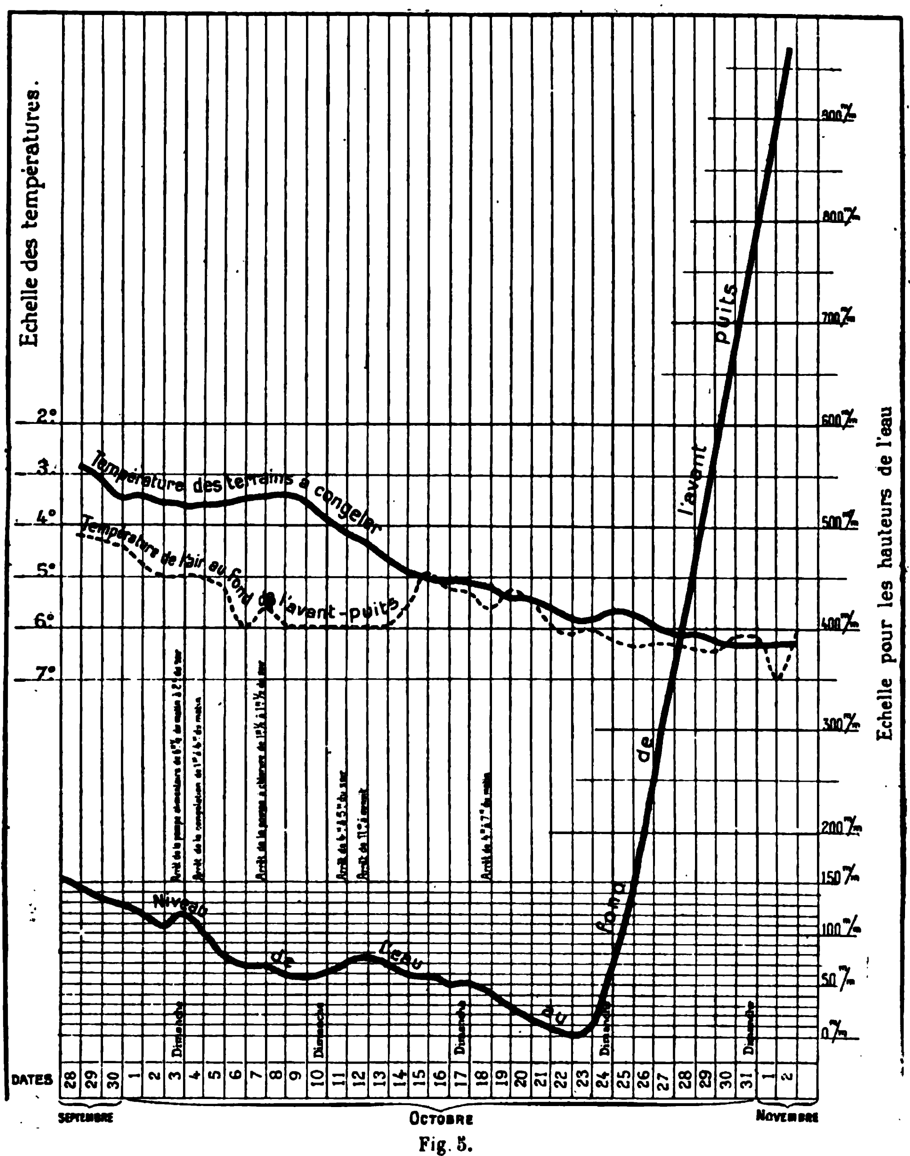


Fig. 5.

Le premier graphique donne les principales observations journalières faites sur les hauteurs de l'eau dans l'avant-puits, jusqu'au moment où le niveau devint stationnaire (22 octobre).

Dès qu'on se fût rendu compte que le niveau n'était pas stationnaire, on supposa immédiatement que les variations étaient dues au voisinage du puits alimentaire qui fournissait l'eau nécessaire à la fosse d'extraction et aux appareils frigorifiques. Aussi, le 3 octobre, pour vérifier cette supposition, on arrêta les pompes de ce puits alimentaire de 6^h,30 du matin à 2 heures du soir. Pendant cette journée, des observations eurent lieu d'heure en heure jusqu'à 10 h. du soir.

Le graphique du 3 octobre donne les différentes hauteurs constatées. Le niveau resta stationnaire jusqu'à 9 heures du matin ; puis, il s'éleva progressivement de 28 mm. jusqu'à 2 heures du soir ; il commença à descendre à 3 heures, pour arriver à 10 heures du soir à 1 mm. seulement plus haut qu'à 7 heures du matin.

Le 10 et le 17, les pompes alimentaires furent ralenties à cause du chômage de l'extraction ; les niveaux remontèrent, moins vite que le 3, mais ils furent respectivement supérieurs à ceux observés le 8 et le 16 octobre. Après chaque arrêt des appareils frigorifiques ayant amené un ralentissement de ces pompes alimentaires, on constata presque toujours un relèvement du niveau de l'eau, ainsi que le montre le graphique.

De ces observations, on est amené à conclure que le puits alimentaire a eu une influence. L'eau qu'il fournissait faisait varier le niveau dans le N° 8 *bis*, bien que la distance entre ces deux puits fût de 65 m. et que la nappe aquifère soit exceptionnellement abondante dans cette région.

D'autre part, on a vu par le graphique, que du 28 septembre au 22 octobre, le niveau moyen journalier est descendu de 145 mm. Cette baisse qui correspond à 6 mm. par jour, ne peut évidemment être attribuée au puits alimentaire qui fournissait chaque semaine un débit à peu près constant ; elle doit être attribuée aux variations biens connues du niveau de la nappe aquifère dans les morts-terrains du Pas-de-Calais. On sait, en effet, que suivant les années, ce niveau atteint son minimum en octobre-novembre, et son maximum en mars-avril.

Entre le maximum et le minimum, l'écart est souvent de plusieurs mètres.

Après avoir cuvelé la partie congelée, on a employé le procédé ordinaire, c'est-à-dire le creusement à niveau vide, pour approfondir le puits N° 8 *bis*.

Mines d'Aniche.— En prévision du fonçage de nouveaux puits dans sa concession, la Compagnie d'Aniche a acquis le matériel nécessaire pour l'emploi du procédé par congélation.

Le nouveau siège de Dechy a été creusé en 1898 en congelant les terrains aquifères jusqu'à 90 m. de profondeur. Celui de Saint-René en 1899, jusqu'à 75 m.

On commence aujourd'hui la fosse Dejardin, où l'on appliquera le procédé jusqu'à 90 m. de profondeur, et on attaquera ensuite un quatrième fonçage dans la région de Villers-Campeau.

L'installation comprend un compresseur double système Linde N° 14 pouvant produire 120 000 frigories à l'heure, la température du bain incongelable étant de 20°, avec les condenseurs et réfrigérants, et deux pompes Worthington de 38 m^3 à l'heure. Ces appareils sont actionnés par une machine à vapeur Sulzer de 120 chevaux.

Les puits ont été creusés pour un diamètre utile de 5 m. et les terrains ont été facilement congelés par la circulation du liquide froid dans 20 tubes-circuits placés dans des sondages disposés sur une circonférence de 7 m de diamètre.

Fonçage du puits d'Auboué.— Tous les fonçages dont nous venons de parler ont été entrepris dans le Nord ou dans le Pas-de-Calais, pour traverser des terrains ébouleux et aquifères jusqu'à une profondeur qui n'atteignait pas 100 m. Celui du puits d'Auboué, que nous allons maintenant exposer, a démontré la possibilité d'appliquer la congélation aux fonçages à grande profondeur. On pouvait craindre, jusqu'ici, des déviations de sondages, assez grandes pour amener dans l'intérieur du puits la plupart des tubes de congélation; ces colonnes déviées, en produisant des parties rentrantes dans le mur de glace, auraient constitué autant de points faibles pour la paroi; puis, mises à nu par le fonçage, elles ne seraient plus, dans la suite, d'aucune efficacité. Cette difficulté semble avoir été surmontée par la Société d'Entreprises de Fonçages de Puits, qui a imaginé une méthode de mesure permettant de se rendre compte exactement des déviations et, par suite, de remédier aux inconvénients précédents.

La Société des Hauts fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson, présentait, dans la classe 63, une coupe à échelle réduite du puits d'Auboué, foncé récemment par la méthode de congélation des terrains, avec le concours de la Société d'Entreprises générales de Fonçages de Puits.

Les études préparatoires datent de 1896. Après un examen approfondi des différents procédés de fonçage susceptibles d'être employés, les deux sociétés conclurent à l'adoption du procédé par congélation, qui semble plus économique dès que la venue d'eau dépasse 5 m^3 à la minute.

Mais il fût impossible de déterminer, même approximativement, les quantités d'eau auxquelles on aurait à faire face. Les terrains, dans la région d'Auboué, ne sont pas constitués, comme dans le Pas-de-Calais, de couches imprégnées d'eau dans toute leur masse ; ils sont formés de calcaires durs, très résistants et très fissurés, et c'est uniquement par ces fissures que l'eau trouve un passage. Il peut se faire qu'un sondage de petit diamètre recoupe peu de fissures, ou n'en recoupe même pas du tout, alors qu'un puits de grand diamètre donnera issue, au même endroit, à des venues importantes. C'est ainsi que sur l'une des rares concessions exploitées dans ce bassin avant celle d'Auboué, un puits a dû être abandonné en raison de l'afflux des eaux, alors que 100 m. plus loin un second puits fût creusé complètement à sec. Mais, d'une façon générale, tous les puits de la région avaient rencontré beaucoup d'eau et il fallait, sans plus préciser, s'attendre à des venues assez importantes.

Devant cette incertitude, les deux sociétés résolurent d'appliquer la méthode par congélation ; la tentative était nouvelle, étant donné la nature des terrains à traverser, dans lesquels l'expérience de la congélation n'avait pas encore été faite ; de plus, la congélation devait être poussée jusqu'à 140 m. de profondeur, chiffre qui n'avait pas encore été atteint.

La coupe des terrains est indiquée ci-contre. Au-dessous de la terre végétale, on rencontre des calcaires assez tendres avec des marnes intercalées jusqu'à 20 m. de profondeur. Puis, viennent des calcaires à polypiers et des calcaires saccharoïdes, d'une dureté exceptionnelle, dont on peut avoir une idée par ce fait que, pendant le fonçage, avec 3 postes par 24 heures, de 12 hommes chacun (mineurs et aides), l'avancement journalier ne dépasssa pas $0^m,25$ à $0^m,30$ pendant 2 ou 3 jours. Des calcaires de dureté moyenne se présentent ensuite, puis des marnes, et à 103 m. les calcaires du toit de la formation ferrugineuse. A 116 m, on rencontre la couche jaune, réservée pour le moment, et à 123 m, la couche grise, de $3^m,50$ à 4 m. de puissance, que l'on se propose actuellement de mettre en exploitation. Au delà, et jusqu'à 140 m, profondeur à laquelle se trouve le fond du puisard, le terrain est cons-

titué presque uniquement de marnes, avec quelques couches peu puissantes de calcaire ferrugineux pauvre.

L'expérience des mines voisines avait démontré que, si les marnes surmontant le toit de la formation protègent celles-ci contre l'envahissement des eaux supérieures, la formation elle-même n'en est pas moins aquifère. On fût donc dans la nécessité de congeler toute la hauteur du puits et de faire traverser, par les sondages, la couche à exploiter.

On commença par creuser un avant-puits de 7^{m},50 de diamètre et de 9 m. de profondeur, c'est-à-dire jusqu'à 1 m. environ au-dessus du niveau de l'Orne. Le puits définitif devait avoir 5 m. de diamètre utile à l'intérieur de son cuvelage en fonte ; les sondages, au nombre de 20, placés à égales distances sur une circonférence de 6^{m},50 de diamètre, furent commencés le 23 novembre 1897.

Dès le début, le fonctionnement des appareils fût lent et irrégulier, à cause de la dureté de la roche et de la rencontre des fissures dans lesquelles les trépans pénétraient et se coinçaient. En janvier 1898, le forage du trou de sonde N° 4 devint de plus en plus pénible ; la déviation rendait presque im-

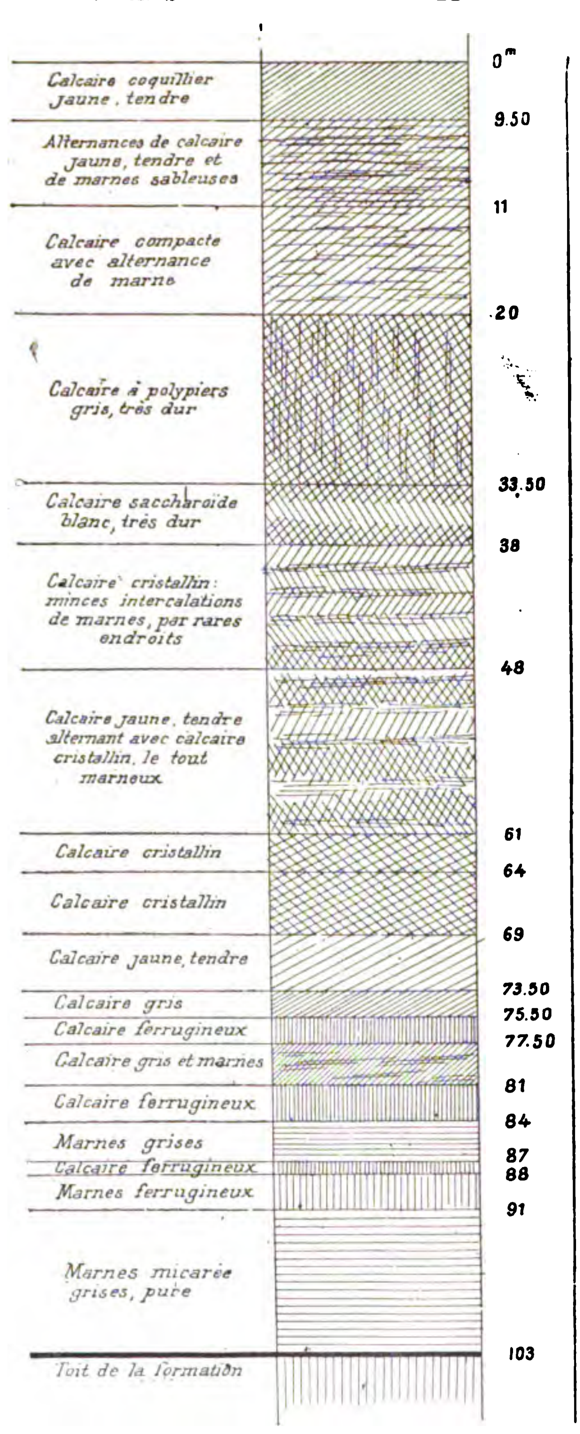


Fig. 6

possible le mouvement de rotation de la sonde. La Société de fonçage chercha alors et trouva une méthode spéciale de mesure qui permit de se rendre compte du sens et de l'amplitude de la déviation de ce sondage. On appliqua cette méthode aux autres trous de sonde et à tous les sondages, pendant leur exécution.

Les mesures révélèrent que tous les sondages, à quelques exceptions près, déviaient dans le même sens ; il en serait résulté que sur un côté tous les trous auraient été dirigés vers l'intérieur. On décida alors de placer ces derniers sur un diamètre de 7 m, au lieu de $6^m,50$, et afin de ne pas les écarter davantage, on en creusa un de plus.

Les mêmes mesures montrèrent ensuite que certains sondages

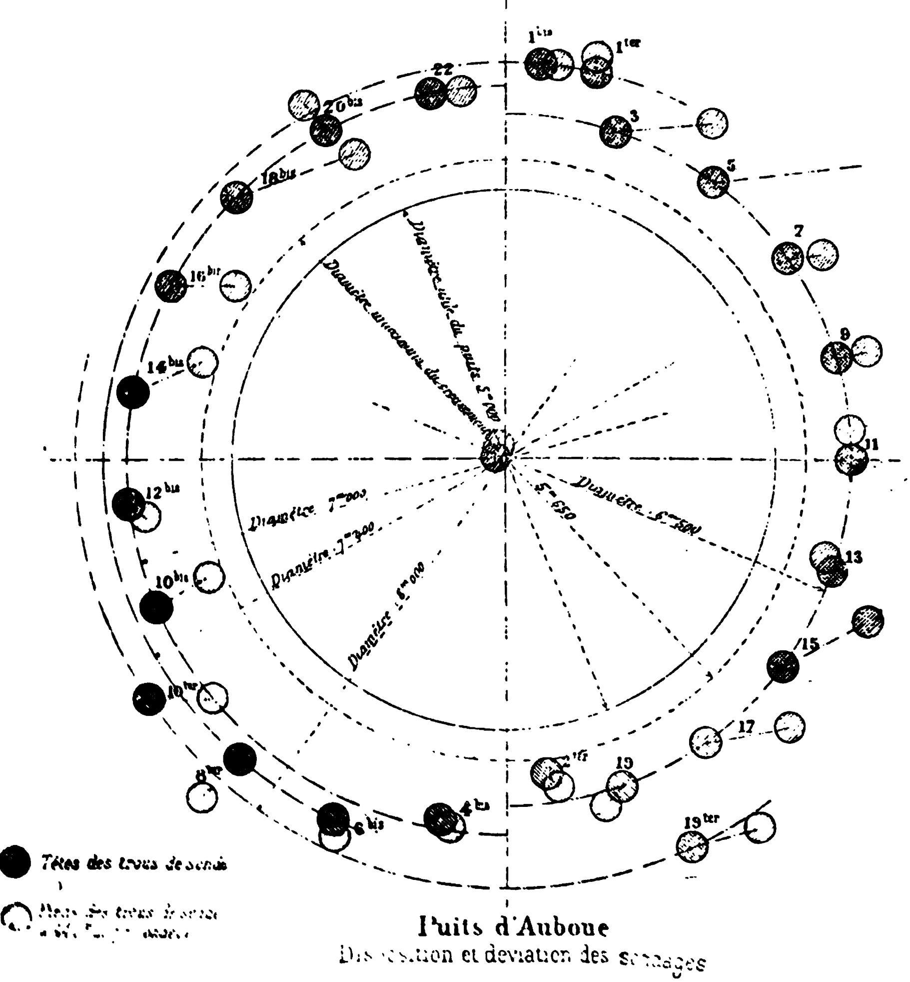


Fig. 7.

s'écartaient les uns des autres en s'approfondissant, et qu'il devenait prudent de placer entre eux un sondage supplémentaire. On fût ainsi conduit à exécuter 24 trous de sonde au lieu de 20 (fig. 7).

Enfin, la troisième conclusion tirée de ces mesures fût que la dureté des roches ne paraît pas sans influence sur la déviation des sondages. Les trous de sonde, presque verticaux pendant les 20 premiers mètres, prenaient en effet une inclinaison de 6 mm. environ par mètre, en pénétrant dans les calcaires à polypiers ; au delà de ces calcaires, l'inclinaison se réduisait à $2^{mm},6$.

L'orientation commune des déviations correspondant à celle du pendage des couches, il est permis de penser que les déviations des trous de sonde proviennent du glissement du trépan sur les couches elles-mêmes ; il suffit alors, par des dimensions et des dispositions judicieuses de l'outil, d'avoir une bonne verticalité jusqu'au-dessous des couches les plus dures, pour que le reste du sondage se poursuive dans de bonnes conditions.

Les 24 trous de sonde furent achevés en février 1899 ; la plupart des colonnes congélatrices étaient descendues ; les dernières furent mises en place, la tuyauterie fût achevée et raccordée avec les machines réfrigérantes et la mise en circulation régulière de la solution saline eût lieu le 28 mars.

La production du froid est obtenue au moyen de deux machines Fixary capables de produire chacune 1 000 kg. de glace à l'heure, à 5° au-dessous de zéro, ou 100 à 120 000 frigories à l'heure ; elles sont construites par la Compagnie française des moteurs à gaz et des Constructions mécaniques. Ces machines sont actionnées par deux moteurs horizontaux Weyher et Richemond, dont l'un servira plus tard à commander un ventilateur, et l'autre une dynamo. Chaque compresseur a une circulation d'ammoniaque distincte. Deux petites pompes Wortinghton, placées côte à côte, sont montées, ainsi que les cuves réfrigérantes, sur les tuyauteries de chlorure ; l'une de ces pompes est de réserve et toujours prête à remplacer l'autre.

La période de congélation proprement dite a duré 100 jours ; le 5 juillet, on attaquait le fonçage. Après avoir creusé quelques mètres à la main, en raison de la proximité des colonnes collectrices, on employa la poudre comprimée jusqu'aux calcaires polypiers ; à ce moment un premier suintement de chlorure apparut vis-à-vis d'une colonne congélatrice. Une petite niche, faite de manière à dégager complètement la colonne, montra qu'un manchon de raccord de deux tubes

s'était complètement rompu et que les bouts des deux tubes s'écartaient de 10 à 12 mm ; la réparation fût obtenue avec un collier de plomb et on rétablit la circulation.

Cet accident s'est reproduit très-souvent : 18 colonnes sur 24 eurent à subir des réparations de ce genre, quelques-unes à deux ou trois reprises.

Les causes de ces ruptures ont été longuement discutées ; on les avait attribuées à une réfrigération trop accentuée et l'un des compresseurs fût complètement arrêté ; puis on avait pensé que les coups de mine, avec les vibrations qu'ils occasionnent, n'y étaient pas étrangers ; enfin, on estimait que la nature des terrains devait également avoir une influence. Finalement, il a semblé que la cause la plus importante provenait de ce que la partie supérieure de chaque colonne était constituée par des tubes et des manchons déjà utilisés auparavant.

Le métal, qui avait subi un refroidissement prolongé de — 20° environ pour revenir ensuite à la température ordinaire et être soumis à un nouveau refroidissement de — 20°, ne conservait sans doute pas sa texture primitive ; il se trouvait dans de mauvaises conditions pour résister à l'action des efforts longitudinaux et sa contraction était gênée ; la section la plus faible, correspondant aux manchons de raccord, devait alors céder.

On a observé, en effet, que toutes les ruptures se produisaient à de vieux manchons, la plupart dans les polypiers, mais également au-dessus et au-dessous de ces calcaires, ce qui tend à prouver que la nature du terrain n'est pas seule à intervenir. Quant aux coups de mine, ils furent incriminés à tort ; à partir de la profondeur de 35 m, la poudre comprimée avait été remplacée par la dynamite et jamais aucune rupture ne s'est produite au voisinage du chantier ; elles ont eu lieu invariablement à la partie supérieure des colonnes.

Au cours de l'approfondissement, plusieurs sondages abandonnés par suite de leur déviation, furent rencontrés, ce qui permit de vérifier l'exactitude de la méthode de mesure des déviations.

Nous avons exposé les raisons qui ont obligé à poursuivre la congélation au delà des couches exploitables. Les terrains marneux de 15 m. de puissance qui surmontent le toit de la formation ferrugineuse paraissent séparer deux niveaux distincts, entre lesquels les sondages forés pour la congélation établissent une communication. L'arrachement des tubes, après le fonçage du puits, étant toujours difficile, il était à craindre que le cimentage des trous de sonde par les moyens ordinaires ne

parvint pas à obturer complètement ces trous dans le passage des marnes, et on risquait de voir les travaux d'exploitation envahis par les eaux de la nappe supérieure.

La Société de Pont-à-Mousson remédia à cet inconvénient en mettant à nu les tubes de congélation et en les bloquant sur une hauteur de 1^m,50 à 2 m. dans une maçonnerie de briques et ciment aussi étanche que possible. Bien que l'un des sondages (N° 5) eût à cette profondeur une déviation de 3 m. environ et qu'on ait pratiqué dans le mur de glace une sorte de galerie de 3^m,50 pour aller le retrouver, l'opération réussit.

Le chambrage montra que chaque tube était entouré de glace sur 5 à 6 mm. d'épaisseur, le reste de l'espace vide ayant été rempli par des éboulis marneux avant la congélation du terrain.

Il est permis de supposer que, plus tard, les tubes se trouveront bloqués dans les marnes : il y aura ainsi un massif de protection de 13 à 14 m. de hauteur qui ajoutera son efficacité à celle de la maçonnerie.

En dehors du but poursuivi, cette opération permit de se rendre compte de la déviation des sondages à la profondeur de 103 m. et de vérifier encore l'exactitude de la méthode dont nous avons déjà parlé.

Le blocage de maçonnerie exécuté sur le toit de la formation, avait pour but de garantir la couche jaune, dont l'exploitation est réservée. En arrivant au toit de la couche grise, qui sera exploitée la première, la Société de Pont-à-Mousson exécuta le même travail, à la profondeur de 121^m,50.

Il se termina le 11 avril 1900, malgré quelques accidents survenus aux colonnes congélatrices après une venue d'eau de 200 lit. par minute produite par une cassure du terrain, et le fonçage fût achevé à la profondeur de 140 m.

Fonçage à niveau plein. — La Compagnie des Mines de Bruay présentait dans la classe 63, la coupe d'un puits qui a été foncé en 1889, au siège N° 5, par le procédé bien connu Kind et Chaudron.

Le diamètre utile du puits est de 3^m,90 ; sa profondeur totale atteint 355 m, la tête du terrain houiller se trouvant à 91^m,50 du jour. Le cuvelage en fonte a 93 m. de hauteur, y compris 2^m,56 de faux-cuvelage à la base.

Ce fonçage présenta de grosses difficultés, par suite de la nature très ébouleuse des morts-terrains, jusqu'à la profondeur de 40 m. environ.

Le second puits de la fosse N° 5, situé à 48 m. du premier, a été foncé par le même procédé, en 1892.

Il a le même diamètre et la même profondeur que le précédent. Son cuvelage mesure 92^{m},70 de hauteur, y compris 2^{m},37 de faux cuvelage à la base.

Les accrochages de la fosse sont situés à 222 m. et à 235 m. de profondeur et les orifices des puits correspondent à la cote + 54.

Reprise d'une fosse décuvelée. — La Compagnie des Mines de Béthune a entrepris en 1898, la reprise d'une fosse décuvelée, dans des conditions de travail particulièrement intéressantes.

La fosse N° 4 avait été ouverte en 1865; 12 ans après, l'irrégularité du gisement, l'écoulement alors difficile du charbon à 16 ou 18 0/0 de cendres, et une explosion de grisou qui avait fait cinq victimes, en firent décider l'abandon sans espoir de retour. On résolut de la désarmer complètement et d'enlever son cuvelage en chêne pour l'utiliser dans le fonçage d'un autre puits. Afin d'isoler le terrain houiller de la nappe aquifère des morts-terrains, on construisit à 10 m. au-dessous du cuvelage, dans les dièves imperméables, un serrement en briques et ciment; au-dessus, on pilonna une couche de 0^{m},50 de dièves pour augmenter encore l'étanchéité. Au lieu d'épuiser les eaux au fur et à mesure du décuvellement, ce qui aurait nécessité l'installation d'une pompe d'avaleresse, on résolut de les évacuer dans les anciens travaux. Pour cela, on plaça au milieu du serrement un tube en fonte de forme conique, qui devait être surmonté, au fur et à mesure du décuvellement, de tuyaux en fonte de 2 m. de long et 200 mm. de diamètre (fig. 8).

Après avoir remblayé le puits jusqu'à la base du cuvelage, on entreprit le décuvellement de chaque retraite en commençant par la tête de la retraite inférieure. Le décuvellement d'une retraite achevé, on procédait au remblayage et à la pose du tube central. Les remblais et le tube central ont été arrêtés à 52 m. de hauteur. Après avoir opéré le reste du décuvelage, un tampon en bois, garni de caoutchouc fût descendu dans la colonne pour boucher la base du tube placé dans le serrement. Au-dessus de ce tampon, on coula du ciment sur 3 m. de hauteur environ (fig. 9).

On procéda enfin au remblayage complet de la fosse en culbutant les terres de la recette supérieure.

La reprise de la fosse fût commencée en mai 1898.

Le travail comportait le déblaiement du puits sur 107 m. de hauteur,

la pose d'un cuvelage en fonte, la démolition du serrement et l'épuisement des eaux qui devaient remplir les anciens travaux.

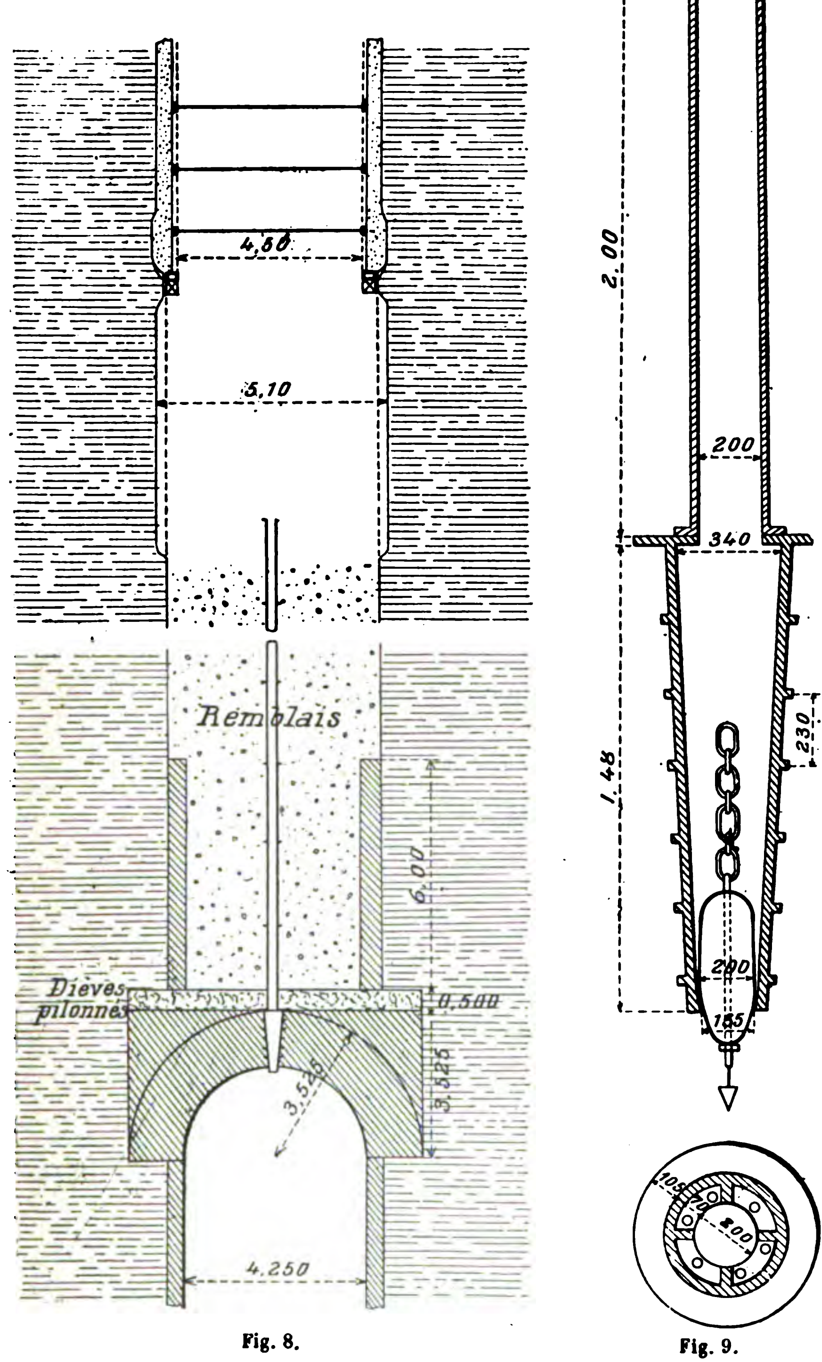


Fig. 8.

Fig. 9.

La venue d'eau, lors du premier fonçage, ayant été peu considérable, on opéra par la méthode à niveau vide. On monta dans ce but une pompe d'avaleresse, dont le cylindre à eau avait $0^m,45$ de diamètre et $1^m,50$ de course, et qui battait 15 coups par minute.

Le diamètre de la fosse qui, primitivement, avait $4^m,20$, fût porté à $4^m,50$ pour mettre à nu le terrain ferme et y coincer les trousses picotées du cuvelage.

Les importantes venues d'eau du début furent passées sans difficulté à l'aide de la pompe et aveuglées rapidement par les premières retraites du cuvelage. La pompe fonctionna bien jusqu'à 45 m ; passé cette profondeur, on fit de l'eau avec les paniers; mais, pour monter le cuvelage de la troisième retraite, on dût installer deux petites pompes Burton.

La tête du tube central fût rencontrée à la profondeur de 52 m. De crainte que le bouchon, qui pendant l'approfondissement devait se trouver progressivement déchargé d'une pression de 93 m. d'eau, ne vînt à céder sous la pression des gaz irrespirables et grisouteux accumulés sous le serrement, on résolût, avant de continuer le fonçage, de percer ce bouchon par un sondage effectué dans le tube central. On employa le battage à la corde ; le tube avait été prolongé jusqu'au niveau du moulinage pour faciliter la manœuvre. Après 25 jours de battage, le serrement fût traversé et l'eau s'écoula par le tube pour aller remplir la fosse, ce que l'on reconnût à une baisse de niveau.

A partir de ce moment, une nouvelle difficulté surgit. L'air emprisonné dans les anciens travaux, était comprimé à des pressions variant de 10 à 30 atmosphères ; l'eau contenue dans la fosse et dans le tube central faisait équilibre à ces pressions. Mais, au fur et à mesure de l'approfondissement, on enlevait, par tronçons de 2 m, les tuyaux constituant le tube central. A chaque tronçon retiré, la hauteur de l'eau dans le tube se trouvait brusquement diminuée de 2 m, l'air comprimé se détendait, et faisait jaillir l'eau hors du tube jusqu'à ce que l'équilibre fût rétabli. On eût ainsi des jets de $0^m,80$ de hauteur, qui donnaient dans un temps très court des masses d'eau de plus de 100 m^3. Cette eau arrivait chargée de gaz méphitiques, qu'elle dégageait dans l'avaleresse. Il fallut à diverses reprises, arrêter le travail pour épuiser les eaux et chasser l'air vicié qu'elles amenaient. Toutefois, il n'y eût pas de dégagement de grisou.

Outre ces invasions de mauvais air, l'augmentation de température causée par les tuyaux de vapeur des pompes Burton, malgré le calorifuge, nécessitait un bon aérage.

On installa donc, pour la dernière retraite, des tuyaux elliptiques en tôle sur lesquels on aspira d'abord par la cheminée des chaudières, puis avec un ventilateur Mortier de 450×450, qui donnait un débit de 1 1/2 à 2 m^3 par seconde.

La base du cuvelage fût établie à $101^m,25$ de profondeur; 6 m. plus bas, on rencontra la tête du serrement. Mais avant d'en entreprendre la démolition, on procéda à la réfection d'un morceau de muraillement du puits, qui s'était affaissé sur la couche des dièves sur une hauteur de $1^m,20$, et on raccorda par un entonnoir l'ancien puits à la base du nouveau cuvelage.

Pour démolir le serrement, on dégagea le tube central en fonte ; on élargit le trou au moyen de pics et d'aiguilles jusqu'à l'aplomb des parois maçonnées du puits, et on enleva les sommiers qui supportaient les cintres du serrement.

Pendant le travail, les planchers étaient suspendus par chaînes à des tiges en fer scellées dans la maçonnerie supérieure.

Ces travaux étaient terminés le 27 novembre 1898 et l'épuisement des eaux commença le 1er janvier 1899. Il s'effectua au moyen de deux paniers en tôle de forme cylindro-conique, non guidés, contenant chacun $1^{m3},500$ et manœuvrés par l'ancienne machine d'extraction.

La recette était éclairée à l'électricité ; on craignait que l'air des anciens travaux ne s'échappât dans le puits quand la charge d'eau serait insuffisante pour le maintenir. Des expériences à la lampe Chesneau, faites à la base du cuvelage, indiquèrent une teneur en grisou ou autres gaz inflammables qui ne dépassa pas 5 millièmes.

Le régime de l'épuisement est indiqué par la courbe (fig. 10), qui donne la variation des hauteurs d'eau dans la fosse en fonction des volumes épuisés. On remarquera que cette courbe affecte très approximativement la forme de la courbe représentative de la détente d'une masse d'air comprimé. Les brusques variations d'inclinaison correspondent aux points où, par suite de la communication du puits avec une portion quelconque des anciens travaux, une partie de la masse d'air se trouvait en communication avec l'atmosphère.

L'épuisement fût terminé le 18 novembre 1899 ; on était arrivé à la profondeur de 379 m. et on avait retiré 189 500 m^3 d'eau.

Si on admet que la courbe d'épuisement représente la courbe de détente isothermique, le calcul montre que l'air comprimé, au commencement de l'exhaure, occupait dans les travaux un volume de 11 000 m^3.

Le vide total laissé par les galeries au rocher et les travaux d'exploitation était de 193 000 m³.

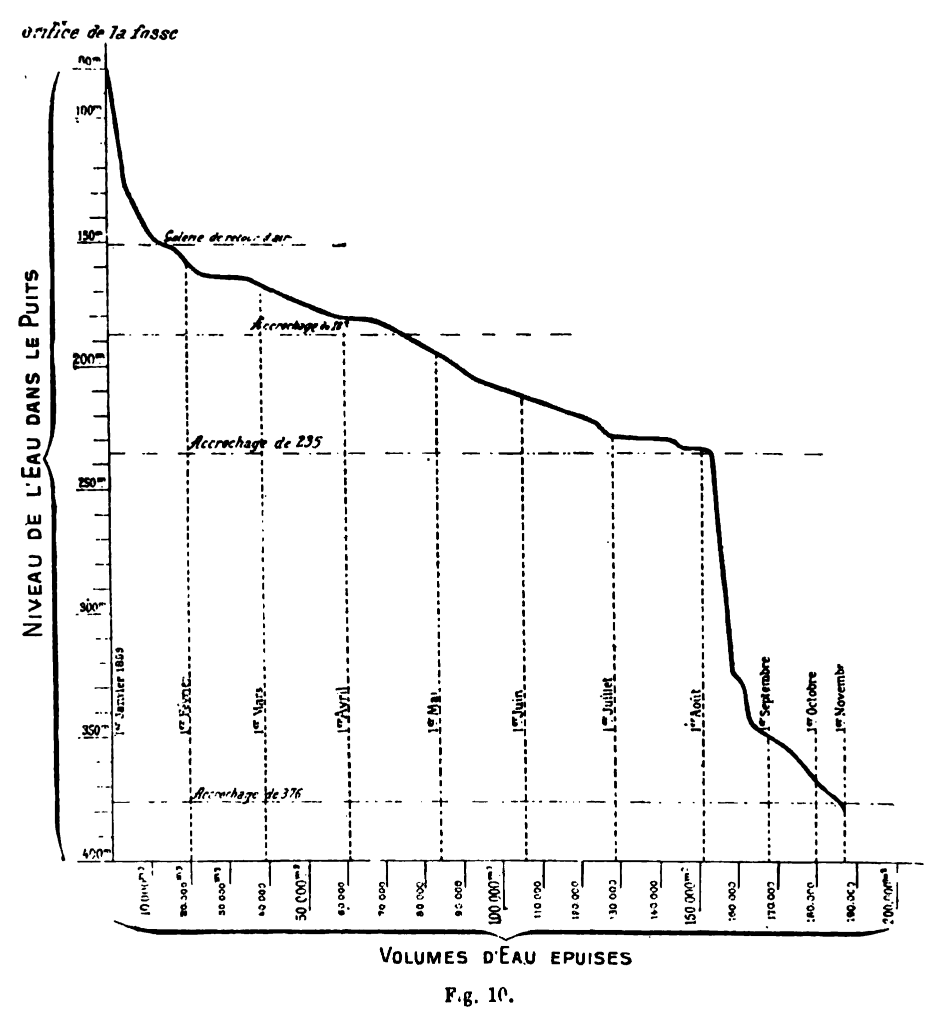


Fig. 10.

Le N° 4, avant sa réouverture, avait extrait 240 000 t. de charbon correspondant à un vide de 190 000 m³, et 132 000 m³ de déblais correspondant à 95 000 m³ de terre en place, soit au total 285 000 m³.

Les foisonnements ont donc réduit le vide creusé de 285 000 m³ à 193 000 m³, soit de 92 000 m³, ou en chiffres ronds de 30 0/0.

CHAPITRE III

LA FORCE MOTRICE

L'emploi général de l'énergie électrique comme force motrice dans les exploitations houillères, est aujourd'hui un fait accompli. Le développement rapide de l'industrie électrique depuis la découverte des courants polyphasés, et le succès obtenu pendant ces dernières années par les premières applications faites au matériel et à l'éclairage des mines, ont vaincu toutes les hésitations. Les grandes sociétés minières ont installé ou étudient le moyen d'installer des usines de production d'énergie électrique, avec transport et utilisation de cette force motrice à leurs sièges d'extraction.

L'Europe compte environ 500 installations d'ensemble, alors qu'en 1889 il n'y en avait aucune; en Amérique ce nombre est encore plus élevé.

Dans les mines grisouteuses, le courant électrique commence à pénétrer, grâce aux dispositifs ingénieux qui ont été combinés pour éviter la production d'étincelles.

L'éloquence du chiffre précédent nous dispense d'établir un parallèle avec les différents agents de transmission de la force : eau, vapeur et air comprimé, employés auparavant, et de faire ressortir les avantages de l'électricité.

On trouvera à ce sujet des documents intéressants dans les deux mémoires qui ont été présentés au Congrès des mines et de la métallurgie, par MM. Wendelin et Libert, sur l'électricité et les transports de force dans les houillères. Les applications de l'énergie électrique à la commande des appareils de mine sont maintenant complètes. Aux ventilateurs, treuils, pompes, perforatrices, haveuses et locomotives électriques qui figuraient à l'Exposition, il faut ajouter les machines d'extraction qui, jusqu'ici, semblaient assez rebelles à la combinaison électrique, en raison de la complication des manœuvres des cages et de la sécurité qu'on doit obtenir pour la circulation du personnel. Ce problème difficile a été résolu à la Compagnie des mines de Erzherzog Friedrich

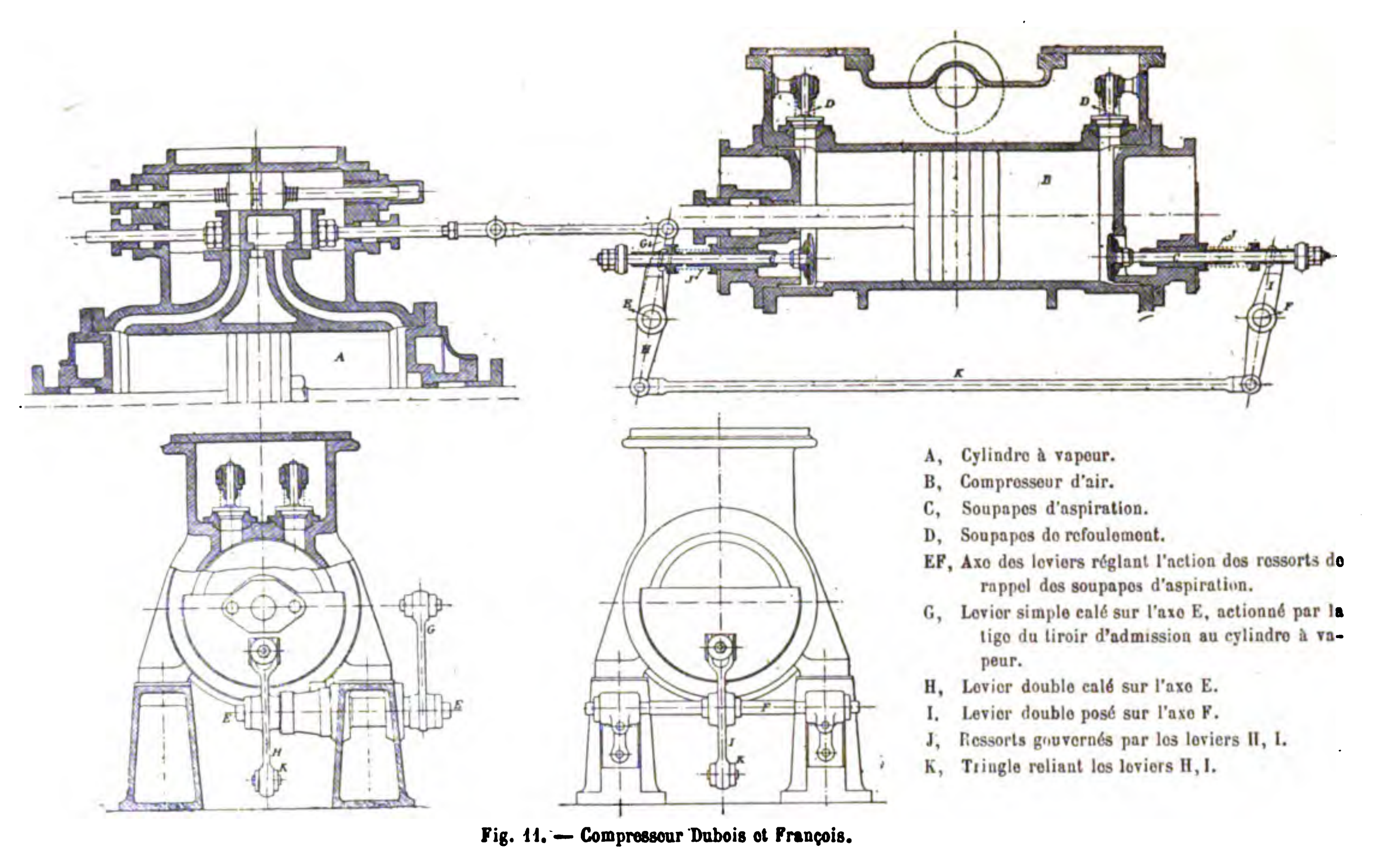
(Autriche), qui possède une station centrale de 2 400 chevaux et un transport de 12000 volts, sur une longueur de 9 km. Deux machines d'extraction, la première de 200 chevaux, la seconde de 400, fonctionnent électriquement; la machine de 400 chevaux est montée sur un puits de 315 m. de profondeur, armé de cages à deux étages, dans lesquelles se fait la translation des ouvriers, et elle remplit toutes les conditions nécessaires pour assurer la sécurité du personnel.

Quoique l'électricité ait pris dans les houillères une extension considérable, et qu'elle remplace à peu près entièrement la vapeur pour actionner les grosses machines souterraines, son emploi n'est pas devenu exclusif et l'air comprimé joue encore un rôle important dans beaucoup d'exploitations minières. Aux États-Unis mêmes, il n'est pas question de supprimer les compresseurs qui rendent encore de grands services, surtout dans les sondages et les fonçages; on les perfectionne, au contraire, et les modèles exposés, tant au Champ-de-Mars qu'à Vincennes, ont donné l'impression très nette d'un progrès accompli. Il n'en est peut-être pas de même pour les machines réceptrices, fonctionnant à l'air comprimé, qui sont employées dans les travaux de recherches et d'exploitation; on en jugera d'ailleurs par l'examen des appareils compris dans les autres chapitres qui forment un ensemble appréciable.

Air comprimé.

Compresseur Dubois et François. — M. François exposait un modèle perfectionné des machines à air comprimé Dubois et François; nous reproduisons les dessins explicatifs du fonctionnement de ce compresseur, dans lequel les soupapes sont rendues libres pendant la période d'introduction de l'air dans le cylindre; elles participent ainsi aux avantages des soupapes gouvernées, sans exiger des organes de commande très lourds pour résister à la pression qui peut exister dans le cylindre au moment où les soupapes doivent s'ouvrir. Dans cet appareil, ce sont les ressorts de rappel qui sont gouvernés de façon à ce qu'ils n'aient pas d'action sur les soupapes pendant la période d'aspiration; celles-ci peuvent alors fonctionner complètement au premier appel du piston. L'effort nécessaire pour gouverner les ressorts est emprunté à la tige prolongée du tiroir de distribution du cylindre à vapeur, au moyen d'un système de bielles et de leviers très légers.

L'espace nuisible, entre le piston aux extrémités de sa course et les



A, Cylindre à vapeur.
B, Compresseur d'air.
C, Soupapes d'aspiration.
D, Soupapes de refoulement.
EF, Axe des leviers réglant l'action des ressorts de rappel des soupapes d'aspiration.
G, Levier simple calé sur l'axe E, actionné par la tige du tiroir d'admission au cylindre à vapeur.
H, Levier double calé sur l'axe E.
I, Levier double posé sur l'axe F.
J, Ressorts gouvernés par les leviers H, I.
K, Tringle reliant les leviers H, I.

Fig. 11. — Compresseur Dubois et François.

fonds du cylindre, est réduit au minimum, afin d'augmenter le rendement volumétrique ; il est, de plus, annulé par l'eau introduite dans le cylindre par les soupapes d'aspiration pour absorber la chaleur produite pendant la compression. La quantité d'eau introduite, sans injection, atteint à peine 2 lit. par mètre cube du volume engendré par le piston du compresseur ; on peut la réduire à volonté en récupérant tout ou partie de l'eau à sa sortie. Enfin, les soupapes de refoulement sont à fermeture hydraulique pour empêcher le retour de l'air comprimé dans les cylindres.

La machine exposée correspond aux données suivantes :

Diamètre du cylindre à vapeur	0^m,320
id. id. à air	0 ,300
Course des pistons	0 ,500
Nombre de tours maximum	80
Travail indiqué au piston à vapeur, à la vitesse de 60 tours, pour une compression de 5 kg, par cm^2	25 ch^x
Poids d'air comprimé fourni par heure à la vitesse de 60 tours	300 kg.

Compresseurs de la « Rand Drill Company ». — La Rand Drill Company, de New-York, ne présentait pas moins de six compresseurs, dont trois en fonctionnement à Vincennes pour assurer le service des petits moteurs à air comprimé de la Section américaine.

Ces appareils se distinguaient par le système de commande : vapeur, eau et courroie, et par la puissance des machines. Ils comprenaient :

1° Un compresseur avec cylindres à vapeur et à air, Compound ;
2° Un compresseur avec cylindres à vapeur et à air, Duplex ;
3° Un compresseur rectiligne à vapeur ;
4° Un compresseur rectiligne à courroie ;
5° Un compresseur à roue hydraulique ;
6° Un compresseur pour hautes pressions.

Compresseur avec cylindres à vapeur et à air, Compound. — Cet appareil, capable d'aspirer 14 à 200 m^3 d'air par minute et de le comprimer à une pression de 5 1/2 à 7 kg., est actionné par une machine à vapeur du type Corliss, à deux cylindres Compound. La compression étagée est obtenue dans deux cylindres à air munis de soupapes différentes. Le cylindre à basse pression reçoit des soupapes d'admission, analogues comme forme et comme fonctionnement aux soupapes à vapeur de la machine Corliss, et des soupapes d'échappement à ressort ; le cylindre à haute pression porte des soupapes d'admis-

sion et d'échappement, également à ressorts mécaniques. Chacune

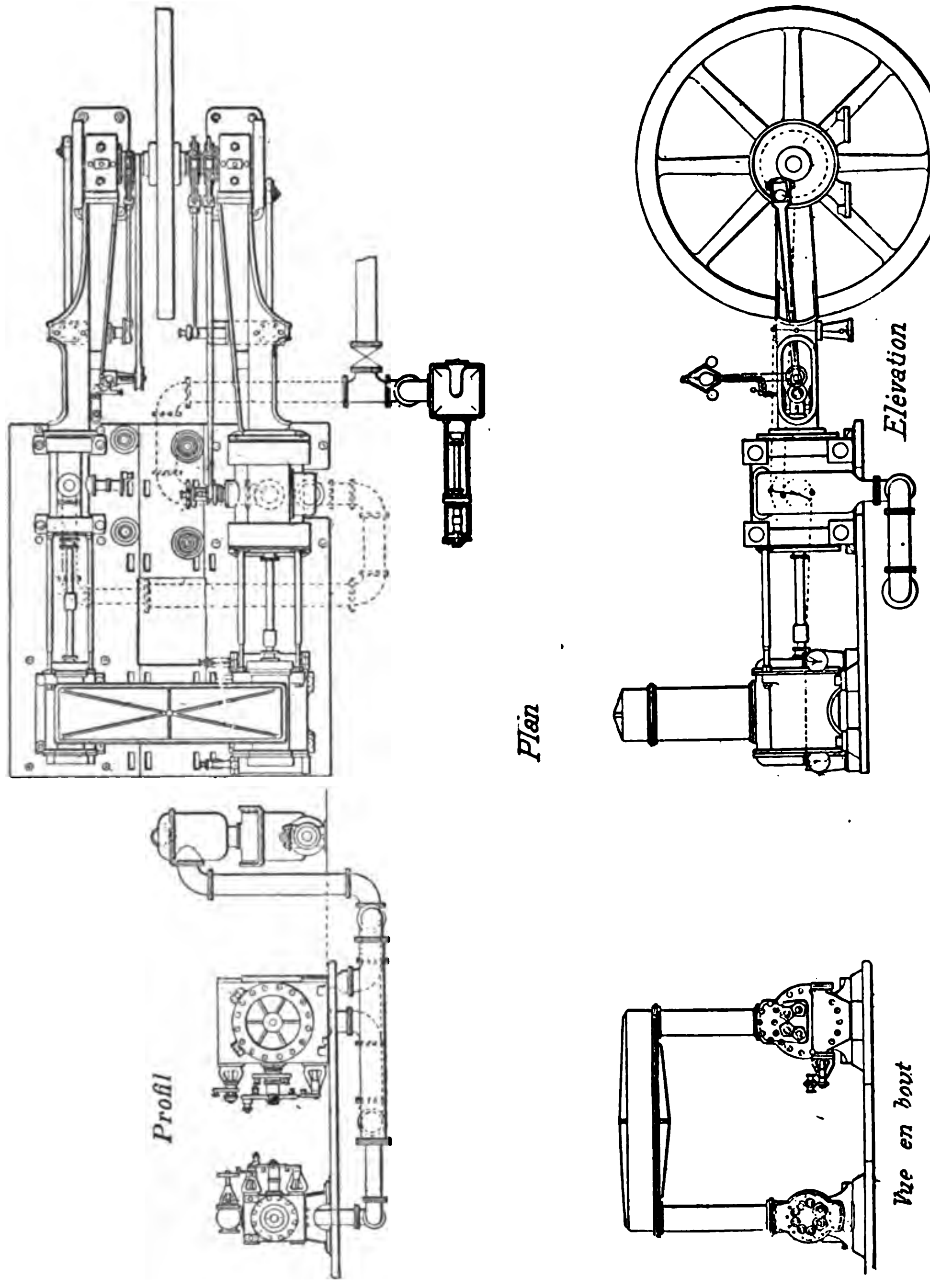


Fig. 12. — « Rand drill Company ». — Compresseur avec cylindres à vapeur et à air compound.

de ces dernières soupapes est retenue sur son siège au moyen d'un

ressort, réglable par des bras clavetés sur des barres à coulisse, et le mouvement est combiné de façon que les ressorts travaillent à la compression. Au moment voulu, la soupape s'ouvre complètement et elle reste ouverte, sans claquement, jusqu'à la fin de la course; le ressort, qui a été détendu, agit alors sur la soupape et la presse contre son siège.

Un appareil de refroidissement intermédiaire, en forme d'arche, est placé entre les deux cylindres à air. Cet appareil est composé d'un faisceau de tubes en fer ou en cuivre, enfermé dans une enveloppe en fonte. L'air circule dans les tubes; l'eau provenant des chemises du cylindre règne autour des tubes; ceux-ci sont obtenus en trois parties, formant trois côtés d'un carré capable de se dilater et de se contracter sans occasionner de fuites. L'accès des tuyaux est facilité par l'assemblage des tronçons de l'enveloppe, dont la partie supérieure peut s'enlever complètement.

La machine est pourvue d'un régulateur de vitesse ordinaire et d'un régulateur de pression de l'air agissant sur le mécanisme de la détente. Quand la consommation des moteurs alimentés par le compresseur diminue beaucoup, la pression augmente dans les réservoirs d'air et la vitesse doit être réduite proportionnellement. A cet effet, le régulateur d'air agit sur le levier d'une soupape d'admission spéciale, placée sur la conduite de vapeur, et règle la détente de manière que la consommation de vapeur soit en rapport avec le débit d'air comprimé. Ce régulateur ne limite pas la vitesse du compresseur et doit s'employer conjointement avec un régulateur à force centrifuge.

Compresseur avec cylindres à air Duplex. — Ce type de compresseur est construit de la même façon que le précédent; il possède tous les perfectionnements nécessaires à l'utilisation directe de la vapeur, mais il est réservé plus spécialement à la production de faibles volumes d'air, 3 1/2 à 8 1/2 m^3 par minute. Son application principale se rencontre dans les ateliers de construction et les fonderies, pour actionner des machines-outils et autres engins de faible puissance.

Compresseur rectiligne à vapeur. — Cet appareil, peu volumineux, et de construction simple, a été créé en vue d'un transport facile dans les pays montagneux et d'un entretien réduit; on l'emploie également dans les installations provisoires des mines, pour les travaux d'exploitation ou de fonçage des puits. Il peut aspirer de 3 à 8 m^3 d'air par minute et le comprimer à 6 kg. avec une pression de vapeur de 6 kg.

Le cylindre à vapeur est muni de la détente Meyer ; un régulateur

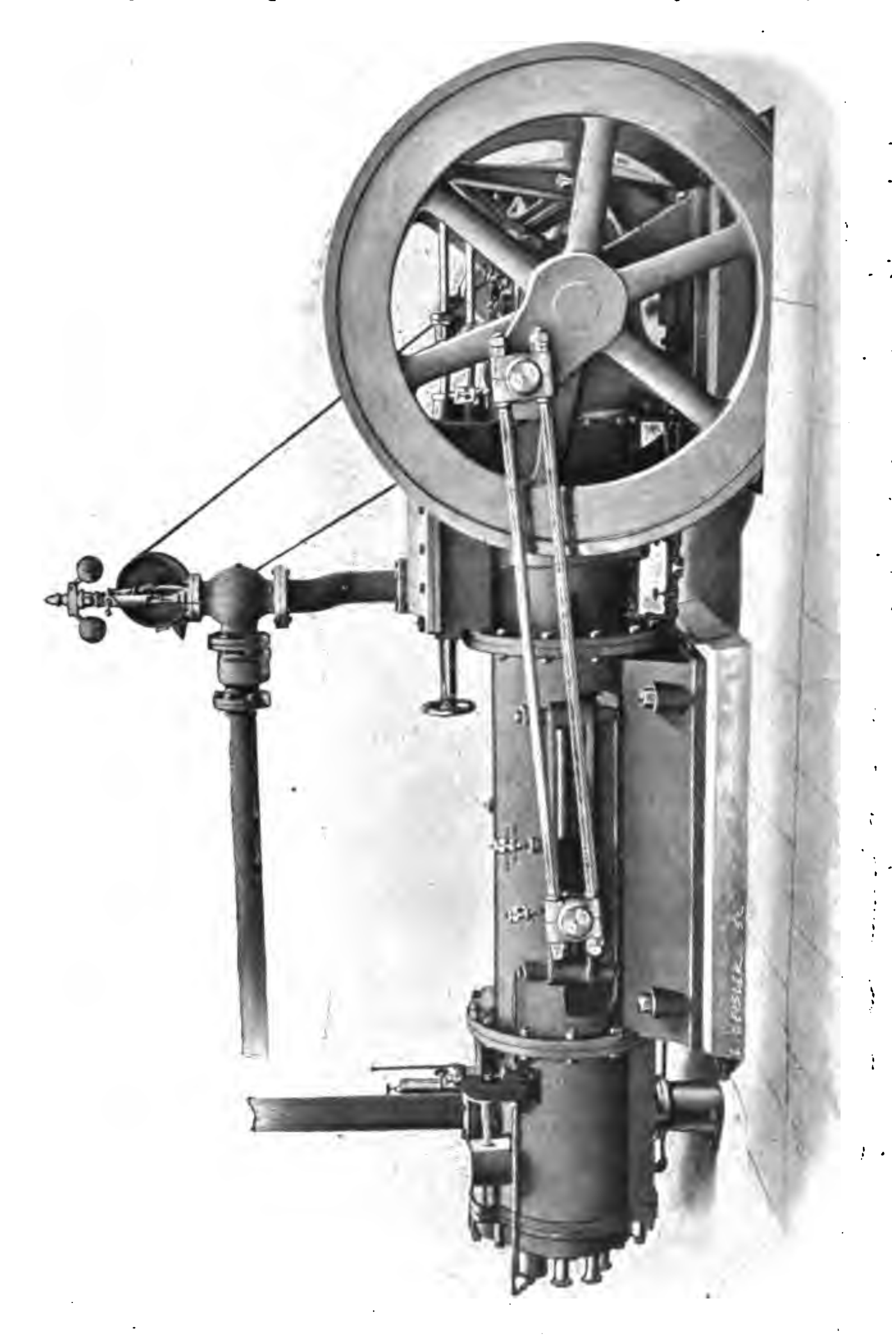


Fig. 13. — « Rand Drill Company ». — Compresseur rectiligne à vapeur.

et un dispositif de décharge permettent de régler la consommation de

vapeur proportionnellement à la dépense d'air comprimé des moteurs récepteurs. Le compresseur est monté sur un bâti unique et ne demande pas de fondations ; les différentes parties qui le composent sont d'un accès facile et les coussinets du palier principal s'ouvrent vers l'extrémité de la machine, de façon à pouvoir enlever les volants par roulement et non par soulèvement.

Compresseur rectiligne à courroie. — Cette machine est analogue à celle du type précédent, avec le cylindre à vapeur en moins; elle peut aspirer de 3 à 18 m³ d'air par minute et le comprimer à la pression de 7 kg. Le volant à courroie est monté entre deux paliers et les manivelles à disques sont calées sur l'arbre par pression; les bielles, à deux tiges parallèles en acier laminé à froid, portent des boîtes de graissage en bronze, et les deux cylindres à air sont munis d'enveloppes de refroidissement.

La régularisation de la vitesse de l'appareil est obtenue par un dispositif de déchargement qui annule la pression à la partie postérieure des soupapes d'échappement, quand l'air a atteint la pression voulue. Les soupapes s'ouvrent et restent ouvertes, pour permettre à l'air du récipient de retourner dans les cylindres à air, des deux côtés du piston qui se trouve ainsi équilibré. La pression dans le cylindre étant alors supérieure à la pression atmosphérique, les soupapes d'admission restent fermées, l'air ne pénètre plus et le piston se meut en n'absorbant que l'énergie nécessaire pour vaincre le frottement. Dès que la pression de l'air dans le récipient devient inférieure à celle de réglage des contrepoids du dispositif, les soupapes d'échappement fonctionnent et la compression commence.

Compresseur à roue hydraulique. — La machine à air, formée de deux cylindres Compound à soupapes Corliss, est commandée par une roue hydraulique, montée directement sur l'arbre de gauche, et combinée, suivant la hauteur de chute disponible, avec une ou deux lances d'injection.

Compresseur à haute pression. — Ce type de compresseur, construit sur des données tout à fait spéciales pour comprimer l'air jusqu'à 3000 livres par pouce carré, limite extrême de résistance des réservoirs, comporte des dispositions particulières pour subdiviser la compression en un certain nombre de périodes, et absorber la chaleur produite au moyen d'appareils de refroidissement intercalés entre chaque paire de

cylindres. Cette machine sort du cadre que nous nous sommes assigné au point de vue du matériel des mines; nous la mentionnons sans nous y arrêter.

Compresseurs de « The Ingersoll-Sergeant Drill Company ». — La Compagnie Ingersoll-Sergeant, de New-York, présentait dans la Section américaine des groupes IV et V, un compresseur d'air « Compound » à vapeur directe, de 88 chevaux, et à l'annexe de Vincennes deux autres compresseurs, l'un de 60 chevaux du type « en ligne droite », l'autre de 150 chevaux du type « Corliss Compound en Croix ».

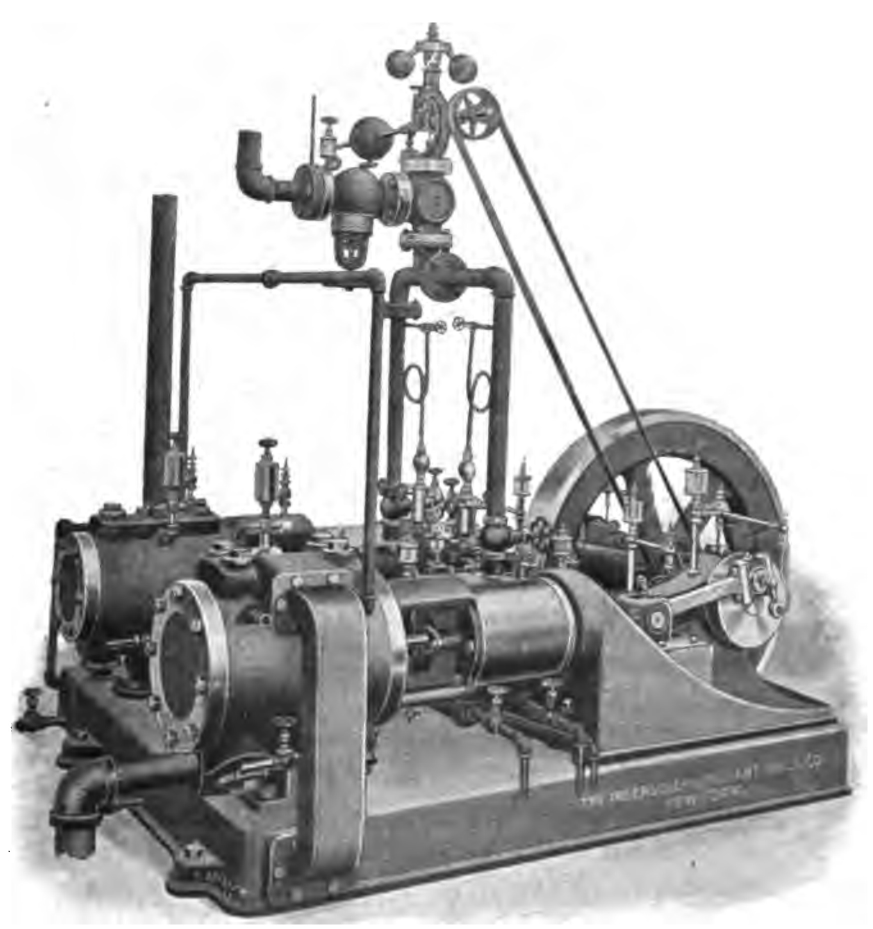


Fig. 13 *bis*. — « The Ingersoll-Sergeant Drill C°. »
Compresseur double à vapeur directe, compression étagée.

1° *Compresseur double à vapeur directe, à compression étagée.* — Cette machine est capable d'aspirer, par minute, 16 m³ d'air à la

pression atmosphérique, à la vitesse de 150 tours, et de le comprimer, dans deux cylindres, jusqu'à la pression de 7kg,3. Les cylindres à vapeur ont 310 mm. de diamètre; le cylindre à air basse pression a 463 mm, celui de la haute pression 310 mm; la course commune des pistons est de 310 mm.

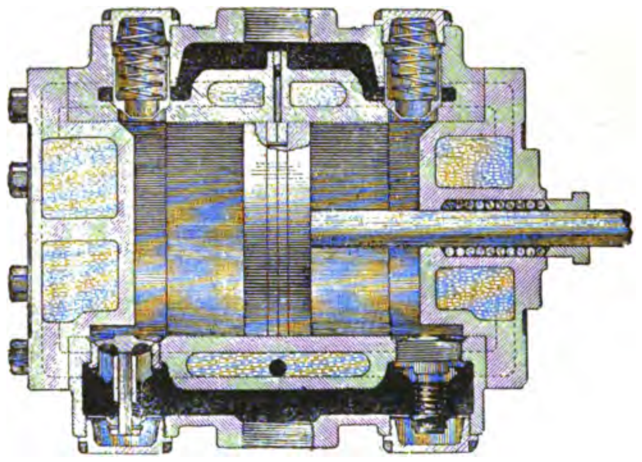


Fig. 14

L'admission de la vapeur dans les cylindres se fait par soupapes, et la détente, système Meyer, permet de la faire varier entre 1/4 et 3/4 de la course, par l'intermédiaire d'un régulateur. Les cylindres à air sont du type « manchon », à enveloppe d'eau, avec soupapes d'admission et d'échappement à soulèvement vertical. L'air est comprimé dans le premier cylindre jusqu'à la pression de 2kg,200 environ, ce qui élève sa température à 100° en moyenne. Avant de pénétrer dans le second cylindre, il passe dans un appareil refroidisseur spécial, de sorte que sa température à la sortie et à la pression de 7kg,300, ne dépasse pas 120°, tandis que la compression dans un cylindre unique occasionnerait une température de 245 à 285°.

Les soupapes des cylindres à air (fig. 14) sont construites en acier doux et équilibrées; leur section est assez large pour que l'admission et l'expulsion de l'air soient obtenues en un cinquième de seconde; elles sont bien accessibles et peuvent être visitées en enlevant simplement un bonnet de recouvrement. Les soupapes d'admission se meuvent dans un bain d'huile formant bouchon étanche ; l'huile est refoulée par le piston dans les blouses des soupapes et ce graissage permanent les maintient propres et très élastiques. Enfin, elles sont agencées de telle façon qu'en cas de rupture d'une tige, il soit impos-

sible aux débris de s'introduire par aspiration dans le cylindre à air.

Le refroidisseur intermédiaire est placé dans le bâti de la machine, sous les cylindres à air ; sa construction est analogue à celle des condenseurs à surface. Il se compose d'un certain nombre de tubes parallèles très rapprochés, montés en faisceau, dont le rôle consiste à diviser l'air en filets minces pour faciliter le refroidissement. Des chicanes obligent le courant d'air à monter et à descendre continuellement en croisant chaque fois le faisceau réfrigérant ; la chambre à air est assez spacieuse pour que le cylindre à haute pression soit bien rempli, à chaque coup de piston, de son volume d'air froid. L'eau circule constamment dans les tubes et se rend dans les têtes et manchons des deux cylindres, avant de retourner au réservoir d'alimentation des pompes.

2° *Compresseur type « en ligne droite », à vapeur directe et simple compression.* — Cette machine est capable d'aspirer, par minute, $11^{m3},5$ d'air à la pression atmosphérique et de le comprimer à $3^{kg},7$ ou à $7^{kg},3$ à la vitesse de 120 tours, sous une puissance de 50 chevaux dans le premier cas et de 76, dans le second. Le cylindre à vapeur a 361 mm. de diamètre et le cylindre à air, 367 mm ; la course commune est de 460 mm.

L'admission de l'air se fait par le piston (voir coupe, fig. 15). Les deux soupapes d'admission communiquent avec un tube creux, placé en prolongement de la tige de piston, et qui suit son mouvement de va-et-vient. La soupape ouvrant sur la face du piston qui regarde le sens du mouvement, demeure fermée pendant toute la course, tandis que l'autre est ouverte ; quand le piston est à fin de course, il se produit un arrêt complet des soupapes au moment où le moteur passe le point mort ; puis le jeu des soupapes recommence en sens inverse sans qu'il y ait besoin de ressorts pour obtenir la fermeture hermétique ; il en résulte une admission d'air bien franche, sans étranglement et sans choc. Comme la vitesse du piston n'est pas tout à fait uniforme et qu'elle augmente depuis l'origine jusqu'au milieu de la course, quand le moteur est au point mort, chaque soupape profite de cet arrêt complet pour glisser doucement sur son siège.

La course de la soupape ne dépassant pas $6^{mm},5$, celle-ci ne peut acquérir une force vive capable de l'endommager ou d'endommager son logement au choc de retour ; l'étanchéité est bonne et l'usure très faible. Une série de soupapes de ce genre, montées sur un Compresseur In-

gersoll-Sergeant, lors du percement du tunnel de Centralia, en Pensylvanie, ont fonctionné pendant deux ans et demi, nuit et jour, et ont pu être utilisées avec la même machine pendant deux autres années.

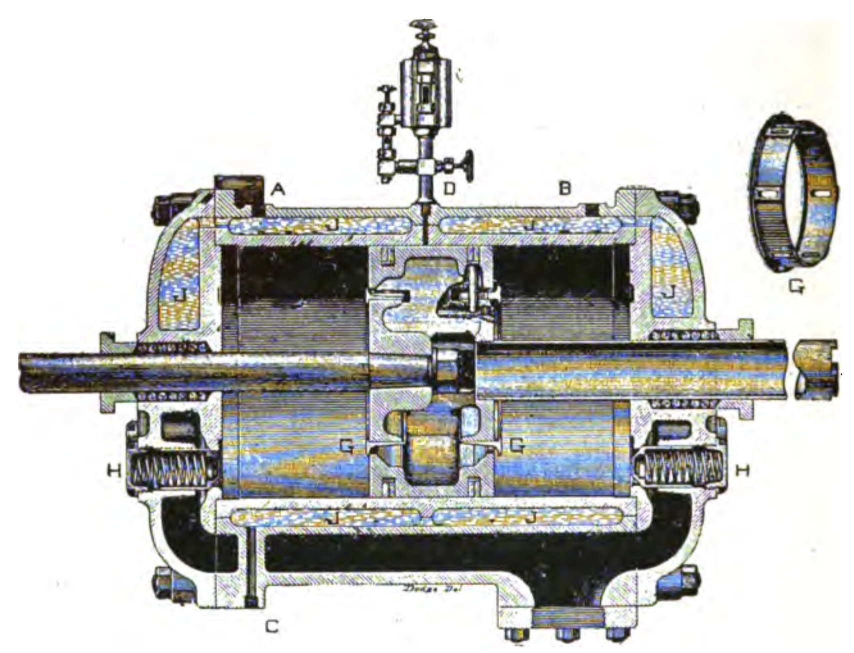


Fig. 15. — Détails de l'admission par le piston dans le cylindre à air.
A, Entrée de l'eau de circulation; B, Sortie de l'eau de circulation; C, Tuyau d'écoulement du manchon d'eau; D, Canal à huile aboutissant au godet à huile automatique; E, admission de l'air (par le canal d'admission du piston); F, Echappement de l'air (on voit le manchon d'ajustage en place); G, Soupapes d'admission du piston; H, Soupapes d'échappement; J, manchon d'eau.

Le refroidissement de l'air est assuré par une circulation d'eau dans les manchons et dans les têtes du cylindre, et la machine est munie d'un régulateur automatique qui permet de laisser fonctionner le compresseur quand la consommation d'air comprimé diminue sensiblement. Cet appareil est précieux dans les mines, où il se produit souvent des temps d'arrêt prolongé aux appareils qui utilisent l'air comprimé.

On y remédie ordinairement en fermant peu à peu le robinet d'évacuation et en ralentissant la machine jusqu'à une très faible vitesse; l'excès d'air s'échappe par les soupapes de sûreté des réservoirs, ce qui constitue une perte appréciable et occasionne un bruit désagréable. Le régulateur Ingersoll-Sergeant agit dès que la pression dépasse un chiffre déterminé; une communication s'établit automatiquement entre les extrémités du cylindre à air; l'air à pleine pression passe librement par cette communication et maintient les soupapes d'admission fermées.

Le piston se trouve alors en équilibre, la pression étant la même sur les deux faces. Au même moment, l'admission de la vapeur est réduite automatiquement jusqu'à ne laisser passer que la quantité strictement nécessaire pour vaincre les frottements. Le compresseur fonctionne ainsi jusqu'à ce que la pression baisse de nouveau par suite d'un appel de consommation ; la communication se ferme alors, l'admission de la vapeur se produit normalement et les soupapes reprennent leur jeu régulier.

3° *Compresseur type « Corliss, compound, en croix ».* — Cette machine est munie de deux cylindres à vapeur compound et de deux cylindres à air pour la compression étagée. Elle peut aspirer 26^{m3},10 d'air à la pression atmosphérique, par minute, à la vitesse de 85 tours et le comprimer jusqu'à la pression de 7^{k},3, sous une puissance de 152 chevaux.

Les cylindres ont les diamètres suivants :

Vapeur	Haute pression	310 mm
	Basse id.	567 —
Air	Basse id.	469 —
	Haute id.	290 —

Course commune des pistons : 930 mm.

Les cylindres à vapeur sont munis de la distribution Corliss et l'admission dans les cylindres à air se fait par le piston, comme dans le type « en ligne droite » précédemment décrit.

Ce compresseur possède un appareil de refroidissement intermédiaire vertical. En sortant du cylindre à basse pression, l'air descend dans cet appareil et le traverse avant de se rendre au cylindre à haute pression. Un grand nombre de tuyaux de petit diamètre, en laiton étamé, sont disposés en faisceau, à intervalles rapprochés, et divisent le courant d'air en minces filets; l'eau entre dans les tubes à la partie inférieure et sort à la partie supérieure. Le manchon d'enveloppe est en acier; un trou d'homme et un orifice d'épuisement sont ménagés dans l'appareil, pourvu également d'une soupape de sûreté à sifflet, jouant à basse pression.

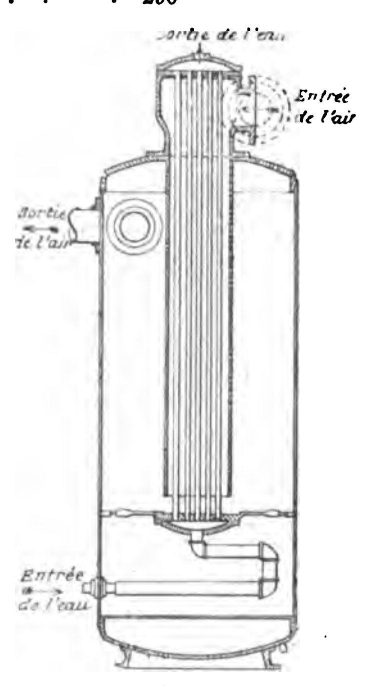


Fig. 16.
« The Ingersoll-Sergeant Drill Co ».
Refroidisseur d'air.

Compresseurs Burckhardt et Weiss. — M. Burckhardt, constructeur à Bâle, présentait dans la section Suisse, une série de compresseurs à grande vitesse Burckhardt et Weiss, dont plusieurs modèles figuraient déjà à l'Exposition de 1889 et M. Pinette, constructeur à Châlon-sur-Saône, exposait dans la classe 63 deux compresseurs Weiss, capables de fonctionner à la vitesse de 158 tours par minute.

La modification apportée par M. Weiss au premier système réside dans le tiroir de distribution d'air dont les orifices de passage ont été agrandis; mais le principe bien connu des compresseurs à sec est resté le même. M. Burchkardt en a fait une nouvelle application pour la compression étagée dans une machine, comprise dans son exposition, et capable d'aspirer 55 m^3 d'air par minute.

Régulateur de pression pour réservoirs d'air comprimé. — La Société des Mines de Lens exposait un régulateur de pression pour les réservoirs d'air comprimé.

Cet appareil agit sur un papillon disposé à l'intérieur de la conduite qui fournit la vapeur au compresseur d'air. Il se compose essentiellement d'un petit cylindre vertical dans lequel se meut un piston plein dont les mouvements commandent ceux du papillon. Un robinet à trois voies permet d'admettre l'air comprimé du réservoir sous le piston ou de donner libre communication avec l'atmosphère.

Supposons d'abord l'air comprimé du réservoir admis sous le piston. Si la pression augmente, le piston monte et ferme graduellement le papillon en étranglant de plus en plus l'arrivée de vapeur et en ralentissant par suite la vitesse du compresseur. Le mouvement du piston ne peut d'ailleurs être désordonné parce que, à mesure qu'il monte, il doit successivement soulever une série de trois disques pesants dont les poids sont réglés en raison de la pression moyenne qu'on désire conserver. Quand la pression dépasse la limite maxima qu'on s'est assignée, le troisième et dernier disque est soulevé, le papillon obstrue alors presque complètement la conduite de vapeur et le compresseur ne marche plus qu'à une allure très lente.

Supposons maintenant que le dessous du piston soit mis en communication avec l'atmosphère, par le robinet à trois voies.

Le poids des disques fait alors descendre le piston à fond de course et, dans ce cas, le papillon prend une position symétrique de celle qui correspond à l'excès de pression, c'est-à-dire qu'il ferme la conduite de vapeur. De plus, en raison de la disposition du biseau du papillon, la

fermeture est complète et l'arrêt absolu est obtenu. On voit que par une simple manœuvre du robinet à 3 voies, il est facile de provoquer immédiatement l'arrêt du compresseur.

Appareil d'injection d'eau pour moteur à air comprimé. — La Société des Mines de Lens exposait un appareil d'injection d'eau, pour moteur à air comprimé, système de M. Naissant, Inspecteur principal des machines et du matériel de cette Société.

Cet appareil a pour but d'injecter automatiquement de l'eau dans la boîte de distribution de l'air comprimé aux cylindres du moteur, afin de prévenir la congélation que produisent la détente et l'échappement. L'application exposée se rapportait à une pompe. L'eau d'injection est empruntée à la conduite de refoulement ; elle est ainsi admise à la pression suffisante pour le fonctionnement de l'appareil. Un petit cylindre d'injection, dans lequel se meut un piston, reçoit cette eau, tantôt d'un côté du piston, tantôt de l'autre, par le jeu automatique d'un robinet ou d'un tiroir commandé par la machine. En même temps, le côté opposé à l'arrivée d'eau est mis en communication avec la boîte de distribution d'air comprimé au moyen d'un mécanisme analogue ; l'excès de pression de l'eau de la conduite de refoulement met en mouvement le piston et détermine la vidange de la cylindrée. A la course inverse suivante, le même effet se reproduit dans l'autre sens, et ainsi de suite.

Deux vis de butée limitent la course du piston du cylindre d'injection et permettent de régler à volonté le volume d'eau injecté à chaque course.

Il a été possible, avec cet appareil, d'empêcher toute congélation dans une pompe où l'admission d'air était réduite au tiers.

Energie électrique.

Transport d'énergie électrique des Charbonnages de l'Espérance.

La Société des Charbonnages de l'Espérance et Bonne-fortune possède près de Liége, trois sièges d'exploitation qui donnent annuellement 350 000 t. de charbons. Cette Société présentait, dans la classe 63, une série de plans relatifs au transport de force motrice qu'elle a installé en 1899 pour assurer le fonctionnement de tous ses appareils, exception faite des machines d'extraction.

Production de l'énergie électrique. — L'usine génératrice est établie au siège Espérance ; elle comprend trois groupes électrogènes de 200 kw. chacun. Chaque groupe se compose d'une machine à vapeur jumelle Compound, à condensation, actionnant un alternateur triphasé Brown.

Chaque machine à vapeur est capable de développer une puissance de 300 chevaux effectifs, à la vitesse de 125 tours, pour une pression de vapeur à l'admission de $6^k,5$. La distribution se fait par soupapes du système Radovanovic ; la détente au petit cylindre est commandée par un régulateur ; au grand cylindre, elle est réglable à la main. Les alternateurs devant marcher en parallèle, chaque machine possède un dispositif spécial au régulateur qui permet de faire varier la vitesse de 116 à 134 tours pour le maintien du synchronisme.

L'alternateur triphasé est du type volant, à induit fixe et inducteurs mobiles extérieurs ; il produit le courant à la tension combinée de 1 000 v. et 44 périodes par seconde.

L'excitation des alternateurs est obtenue au moyen d'un groupe transformateur, comprenant un transformateur statique d'une puissance de 30 kw., qui reçoit le courant triphasé à 1 000 v. et en abaisse la tension à 87 v. par trois bagues et débite un courant continu à 110 v. par son collecteur Gramme.

La mise en marche s'opère par l'intermédiaire d'un groupe électrogène Carels-Dulait, à courant continu.

L'un des alternateurs étant mis en marche et excité par le courant de la dynamo Dulait, on fait démarrer la commutatrice comme moteur à courant continu, en lui donnant l'excitation convenable, et dès que la vitesse de synchronisme est obtenue, on la met en phase avec l'alternateur. On interrompt alors le courant qui a servi au démarrage et on met le circuit d'excitation des alternateurs sur le circuit à courant continu de la commutatrice qui fonctionne alors normalement.

Les machines sont installées dans un hall de 28 m. de longueur et $10^m,50$ de largeur. Les condenseurs et pompes à air sont logés dans les fondations et actionnés par bielle s'articulant au bouton des manivelles des grands cylindres. Les massifs de fondation des machines occupent le centre du bâtiment et laissent entre eux et les fondations des murs extérieurs, deux larges caniveaux.

L'un de ceux-ci, de 2 m. de large et 3 m. de hauteur, complètement clos, et où l'on accède par une échelle débouchant derrière le tableau de

distribution, contient toutes les canalisations électriques reliant les appareils électriques au tableau.

Les câbles à haute tension sont placés sur la paroi verticale du côté des machines et les câbles à basse tension sur la partie opposée. Cette disposition et les dimensions mêmes du caniveau permettent une séparation complète des circuits, une surveillance et un entretien facile des canalisations. Les câbles à haute tension sont isolés au moyen de deux couches de caoutchouc vulcanisé serrées par une tresse imprégnée, le tout recouvert d'un ruban enduit d'une composition spéciale. Ces câbles sont supportés par des isolateurs roulettes possédant une grande surface d'isolement ; afin de ne pas détériorer les câbles par les ligatures habituelles en cuivre recuit, on a employé la ficelle poissée, qui permet un serrage énergique sans qu'on puisse craindre la détérioration des enveloppes des câbles.

L'appareillage des circuits à basse tension ne présente rien de particulier.

Le deuxième caniveau, sur lequel s'ouvrent les chambres des condenseurs, est occupé par les conduites de vapeur, les sécheurs, les purgeurs automatiques et autres tuyauteries accessoires.

L'eau de décharge est conduite dans un large canal souterrain contigu au caniveau ; ce canal, dans lequel un ventilateur entretient un courant d'air actif, renferme des appareils à cascades pour le refroidissement de l'eau de décharge.

L'eau se répand ensuite sur le sol en pente du canal et se rend dans un puisard où plonge la tuyauterie d'aspiration de l'injection des condenseurs. Cette eau décrit donc un cycle continu, et il suffit d'une petite adjonction d'eau fraîche pour compenser les pertes par évaporation que produit le courant d'air refroidisseur jusqu'à la base de la cheminée, placée à l'extrémité du canal.

Le tableau de distribution, constitué par des dalles en marbre blanc montées sur un châssis en fer, est surélevé par rapport au sol du bâtiment. Tous les appareils qu'il comporte sont combinés de façon qu'aucune pièce parcourue par le courant à haute tension ne soit accessible de la face antérieure du tableau. Un couloir de 2 m. accessible par une seule porte donnant sur l'atelier de réparation, permet d'atteindre, derrière le tableau, les appareils à haute tension.

A chaque alternateur, correspond, au tableau, les appareils de mesure et de démarrage habituels, ainsi que deux lampes de phases. Pour

chaque circuit de départ, il y a un interrupteur tripolaire, un ampèremètre et deux coupe-circuits unipolaires.

Les fils fusibles des coupe-circuits sont enfermés dans des cartouches de matière isolante qui permettraient au besoin le remplacement du plomb fondu sans arrêter la machine, et comme ils sont tous placés après l'interrupteur commandant le circuit, on peut, sans danger, remplacer les cartouches.

Transport de l'énergie. — Les canalisations aériennes qui relient la station centrale aux stations réceptrices, sont en fil de cuivre rouge étiré dur, fixés sur des isolateurs à triple cloche en porcelaine, dont les ferrures sont ancrées, soit aux murs des bâtiments, soit aux traverses des poteaux tubulaires en acier.

Un filet protecteur, mis à la terre, est placé sous les lignes aériennes et garantit les passants contre la chute des fils. Des parafoudres Würtz, placés à l'origine et à l'arrivée de chacun des fils, les protège contre les coups de foudre.

Du siège Espérance au siège Saint-Nicolas, le courant est amené par une double ligne aérienne en fils nus, placés sur poteaux en acier. Un filet règne également sous cette ligne qui suit un chemin de fer à voie étroite où circulent des wagonnets de mine. L'établissement de la traction électrique est prévue sur cette voie qui sert au transport des charbons d'un siège à l'autre et à celui des schistes extraits de Saint-Nicolas et conduits au dépôt de l'Espérance.

Pour les pompes électriques souterraines des sièges Espérance et Saint-Nicolas, le courant circule à 1 000 v. dans des câbles armés à trois conducteurs en fil de cuivre étamé de 60 mm^2 de section. Chaque conducteur est revêtu d'une couche de caoutchouc vulcanisé, d'okonite et de ruban isolant. Les trois conducteurs d'un câble sont tordus en hélice avec interposition de bourrage ; le tout est enveloppé de ruban imprégné d'une gaine de plomb entourée de fil de jute goudronné et d'une armature en fils d'acier galvanisé recouverts de chanvre.

Le câble du siège Espérance est branché directement sur l'interrupteur du tableau de distribution ; celui du siège Saint-Nicolas peut à volonté être branché, au moyen d'un jeu de cartouches avec coupe-circuits, sur l'une ou l'autre des deux lignes triphasées aériennes qui relient ce siège à la station génératrice.

Un accident sur l'une ou l'autre des deux lignes n'entraînerait donc qu'un arrêt momentané de la pompe.

Dans les puits, les câbles sont fixés par des ferrures en fer forgé scellées dans la maçonnerie et distantes de 5 m. A chaque recette, le câble est muni d'une boîte de dérivation sur laquelle vient se greffer le circuit primaire d'un transformateur statique destiné à abaisser la tension pour l'éclairage de la recette.

Utilisation de l'énergie électrique. — Le tableau suivant résume les différents emplois de l'énergie électrique, pour la production de la force motrice et pour l'éclairage. Sur 600 chevaux utilisés, les installations de la surface en absorbent 340 et celles du fond 260, uniquement répartis entre deux pompes d'épuisement et les éclairages des recettes.

Siège Espérance	
(a) *Hall des génératrices :*	
Transformateur et commutatrice pour l'excitation des génératrices et l'éclairage du siège Espérance	40 ch[x]
Transformateur et commutatrice pour la traction électrique entre les sièges Espérance et Saint-Nicolas	50 —
Moteur de l'atelier de réparations	10 —
(b) *Siège proprement dit :*	
Moteur du ventilateur	50 —
Moteur du triage	50 —
Pompe électrique souterraine	125 —
Eclairage des recettes souterraines	5 —
Puits du Plancher :	
Moteur du ventilateur	50 —
Siège Saint-Nicolas :	
1[er] moteur du ventilateur	30 —
2[e] id. id.	50 —
Eclairage extérieur	10 —
Pompe électrique souterraine	125 —
Eclairage des recettes souterraines	5 —
Total	600 ch[x]

La station centrale étant capable de fournir 900 chevaux, la troisième génératrice sert de réserve.

La maison Bréguet, jusqu'en 1899, n'avait construit les moteurs Boucherot que pour des puissances ne dépassant pas 80 chevaux. Les moteurs asynchrones de ce système ne possèdent pas de bagues, pas de frotteurs ou d'appareils de démarrage ; toute cause de production d'étincelles se trouve supprimée, de sorte que ces moteurs offrent de réels avantages dans les mines grisouteuses.

Le moteur Boucherot se compose d'un induit en cage d'écureuil et des deux inducteurs, montés côte à côte sur le même bâti ; le déplacement angulaire de l'un des inducteurs par rapport à l'autre autour de l'axe de l'induit, suffit pour déterminer le démarrage de celui-ci, avec un couple qui peut atteindre le double du couple normal sans que l'intensité du courant ne dépasse une limite dangereuse. Le déplacement de l'inducteur mobile s'opère en agissant sur une vis munie d'un volant, comme s'il s'agissait de la mise en marche d'une machine ordinaire. La partie tournante ayant ses circuits formés de simples barres de cuivre soudées ensemble et ne comportant aucun bobinage, est très robuste. Cette partie du moteur, d'autre part, se trouve protégée par une enveloppe en tôle perforée prenant appui sur l'inducteur fixe. Le moteur présente ainsi, avec des dimensions faibles relativement à sa puissance, un encombrement réduit et un ensemble robuste, qualités indispensables aux appareils de mine.

Les fils qui assurent le courant à ces moteurs sont armés ; ils aboutissent directement à un interrupteur tripolaire à rupture dans un bain d'huile, de sorte que le circuit électrique est isolé sur toute l'étendue de son parcours souterrain.

L'éclairage des recettes souterraines est obtenu par des lampes à incandescence branchées sur le circuit secondaire d'un transformateur statique.

Les moteurs des ventilateurs sont du type D, à induit enroulé, de l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, avec rhéostat de démarrage liquide et dispositif de mise en court-circuit après démarrage. Les autres moteurs sont du système Boucherot.

L'ensemble des installations a été exécuté par la Société anonyme des applications de l'Electricité, ancienne maison W. Dierman et Cie, de Liége.

Transport d'énergie électrique des Mines de Carmaux

La Société des Mines de Carmaux a commencé, en 1895, l'installation d'une usine de force motrice dont un modèle en relief, à l'échelle de 1/100, figurait à l'Exposition, au milieu de l'ensemble des usines de transformation (Laveries, Coke, agglomérés) de la même société.

L'utilisation des gaz des fours à coke a été le point de départ de cette installation, encore incomplète aujourd'hui, mais néanmoins suffisante pour former un groupement intéressant.

Production de la vapeur. — La vapeur est obtenue au moyen de huit générateurs Belleville, chauffés par les gaz sortant de 114 fours à coke, du type belge, disposés en batteries de sept à dix fours, généralement de huit.

Chaque four, de 9 m. de longueur, $1^m,50$ de hauteur et $0^m,70$ de largeur, reçoit 5 360 kg. de houille qui, en 48 heures, produisent 4 t. de coke. Les gaz ayant servi à la carbonisation peuvent être dirigés par un jeu de registres vers les chaudières Belleville, en passant par des carneaux ménagés dans l'épaisseur des massifs de tête des batteries et partant de la base de chaque cheminée d'évacuation. Les huit chaudières sont installées sur les extrémités antérieures de ces massifs, qui font saillie sur la façade de la batterie d'une quantité suffisante pour que les appareils ne gênent pas, de l'autre côté, le service de chargement des fours.

Chaque chaudière utilise les gaz provenant de deux batteries contiguës, sauf aux extrémités où se trouvent des batteries isolées, et l'importance de sa surface de chauffe dépend du nombre de fours correspondant; c'est ainsi que les générateurs ont chacun 83, 149 ou 166 m^2 de surface de chauffe et sont composés de 5, 9 ou 10 éléments semblables, un élément comprenant 16 tubes de 120 mm. de diamètre.

La surface de chauffe totale atteint 1 126 m^2 ; les chaudières sont pourvues de foyers ordinaires, afin de pouvoir être chauffées directement avec de la houille pour le cas où les batteries de fours auxquelles elles sont associées seraient mises hors feu.

L'alimentation est obtenue par deux pompes Belleville, à marche continue, capables, chacune, d'assurer le fonctionnement de la totalité des générateurs. Cette alimentation est, de plus, acquise en toute circonstance, par deux conduites mises en relation de distance en distance par des robinets, de façon que la réparation d'un tronçon quelconque puisse être effectuée sans nécessiter la moindre interruption dans la circulation de l'eau.

La vapeur, produite à la pression de 12 kg., est recueillie dans un collecteur général, formé par des tuyaux en fer à brides rivées et disposé parallèlement aux conduites d'alimentation. L'ensemble, situé au-dessus des fours, à une hauteur convenable pour ne pas entraver les manœuvres de chargement, repose sur une passerelle métallique couverte où les tuyauteries sont abritées et qui facilite leur surveillance et leur entretien. Les conduites de vapeur sont pourvues d'un calorifuge composé d'un enduit de silice fossile et de bourrelets de liège pulvérisé,

maintenus par un bandage en toile et des manchettes en zinc ; pour le collecteur général, une tôle mince enveloppe le tout et permet le déplacement facile des tuyaux sur les rouleaux de dilatation fixés à la passerelle.

La tuyauterie a été fournie avec les générateurs et les pompes par la maison Delaunay-Belleville ; le fonctionnement de tous ces appareils n'a jamais causé de difficulté et les résultats obtenus ont toujours été satisfaisants.

La quantité d'eau vaporisée, mesurée au compteur et vérifiée par des expériences suivies sur un groupe de cinq chaudières, est en moyenne de 168 kg. par four et par heure, soit 17kg,30 par mètre carré de surface de chauffe et 2 000 kg. environ par tonne de coke fabriqué. L'installation peut donc produire une moyenne de 19 500 kg. de vapeur à l'heure.

Les frais de main-d'œuvre et d'entretien s'élèvent à 0 fr. 115 par tonne de vapeur.

Utilisation de la vapeur. — La vapeur est utilisée directement :

1° A la fabrique d'agglomérés, pour les appareils suivants :

Monte-charges à charbon et à brai.

Machine de 140 chevaux des deux premières presses.

Machine de 60 » de la troisième presse.

Surchauffeurs de vapeur Calder.

2° A l'ancienne laverie, pour la machine motrice et deux monte-charges de charbons à coke.

3° A actionner dans le voisinage de l'usine un compresseur d'air et une pompe élévatoire.

4° A alimenter les machines de la station centrale d'électricité.

Station centrale. — Le bâtiment de la station centrale a été construit pour recevoir quatre groupes électrogènes de même puissance. Trois groupes sont actuellement installés ; le premier fût mis en service en juillet 1896 et le troisième en janvier 1900, le quatrième doit fonctionner à la fin de 1900.

Chaque groupe électrogène comprend :

1° Un moteur à vapeur Compound, à cylindres en tandem, attaquant un arbre sur lequel sont montés : un volant, l'inducteur d'un alternateur et l'induit de son excitatrice. Le cylindre à haute pression a 450 mm. de diamètre pour une course du piston de 1 m ; la distribution de la vapeur y est obtenue par des tiroirs cylindriques équilibrés et la dé-

tente est variable par un régulateur, du type Armington et Sims, monté dans le volant. Le cylindre à basse pression a 750 mm. de diamètre pour la même course de piston que le précédent ; il est muni d'une distribution genre Corliss, à quatre distributeurs, et la détente y est invariable.

La puissance de chaque machine est de 350 chevaux effectifs à la vitesse de 100 tours. Les trois machines fonctionnent actuellement sans condensation, sous une pression de 8 kg. aux petits cylindres, avec une consommation de vapeur de 9^{kg},7 par cheval et par heure. Elles sont disposées pour recevoir des condenseurs qu'on installera dès qu'il sera possible de leur assurer l'eau nécessaire.

2° Un alternateur triphasé, type Siemens et Halske, à 60 pôles, caractérisé par les constantes suivantes :

Puissance en kilowatts, sur résistance avec induction, pour cos $\varphi = 0,7$	240	
Puissance en kilowatts, sur résistance sans induction.	312	
Tension	240	volts
Intensité à pleine charge	750	ampères
Nombre de tours par minute	100	»
Fréquences par seconde	50	»

3° Une excitatrice à inducteur tétrapolaire fixe intérieur et induit extérieur mobile, qui fournit à pleine charge 80 amp. sous 115 v., à 100 tours.

Le tableau de distribution de la station a trois étages.

L'étage inférieur comporte les appareils nécessaires pour contrôler la marche de la machine.

L'étage moyen est réservé à la distribution de l'électricité qui se fait à la tension de production, c'est-à-dire aux récepteurs situés à faible distance de la station.

L'étage supérieur est consacré à la distribution qui s'opère à longue distance et pour laquelle la tension est relevée à 5 000 v. au moyen de transformateurs, du type Siemens et Halske, placés derrière le tableau de distribution.

Transport de la force à distance. — Le schéma suivant donne le tracé des lignes qui transportent l'énergie électrique jusqu'à la distance maximum de 4 350 m. (Siège Sainte-Marie).

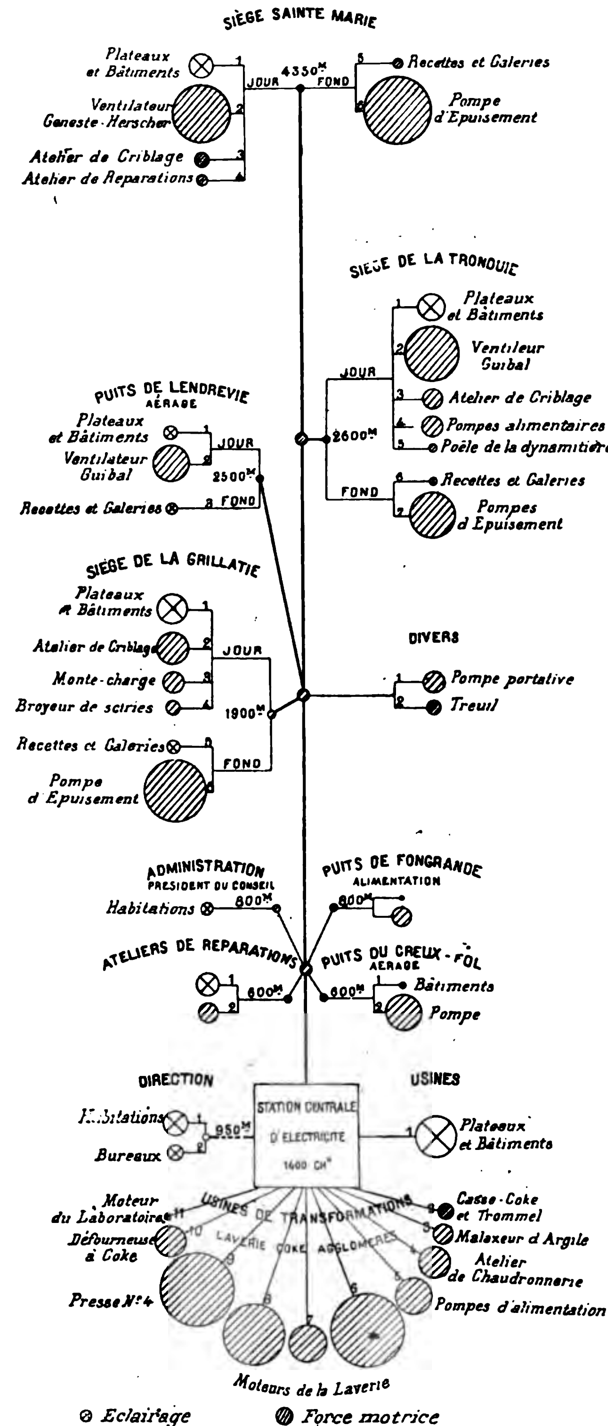


Fig. 17.

Toutes ces lignes sont aériennes et nous avons dit précédemment que le courant y circulait à la tension de 5 000 v.

La ligne principale se compose de trois fils nus, en cuivre de haute conductibilité, de 50 mm² de section.

Utilisation de l'énergie électrique. — La légende du même schéma résume l'état des installations faites jusqu'en mars 1900, pour l'utilisation de l'énergie électrique.

Les applications sont multiples, surtout à la surface, où elles comprennent, en sus de l'énergie consacrée à l'éclairage, 26 moteurs de puissance variant entre 3 et 125 chevaux.

Les applications souterraines n'absorbent que le cinquième environ de la puissance totale disponible, avee 150 lampes à incandescence et quatre moteurs destinés uniquement aux pompes d'exhaure.

Le tableau suivant donne une indication sur la répartition d'ensemble de l'énergie utilisée actuellement.

APPLICATIONS	FORMES DE L'UTILISATION		PUISSANCE CORRESPONDANTE en chevaux partielle	totale
Installations souterraines. . .	*Éclairage* :	Recettes, chambres de pompes et galeries avoisinantes, 150 lampes à incandescence . .	15	285
	Moteurs :	4 moteurs de pompes d'épuisement	220	
Installations de la surface	*Éclairage* :	41 lampes à arc . . . . 1 143 lampes à incandescence.	155	958
	Chauffage :	Radiateurs et calorifères . .	7	
	Moteurs :	26 dont 4 pour ventilateurs, 1 pour treuil, 5 pour pompes et 16 pour applications diverses	776	
		Total.		1 178

Disons, pour terminer, que les groupes électrogènes, les transformateurs et les appareils de la station centrale, les lignes, et presque tous les moteurs récepteurs ont été fournis par la Société Alsacienne de Belfort. Nous aurons l'occasion de parler du treuil et des pompes électriques des mines de Carmaux ; ajoutons qne cette Société exposait également un modèle réduit de la défourneuse électrique qui assure le service des 114 fours de l'Usine à Coke.

Transport d'énergie électrique des Mines de Nœux

En 1896, en présence du mouvement de hausse des cokes, la Compagnie des Mines de Vicoigne et Nœux, qui possédait déjà 56 fours système Coppée et 20 système Bernard, reprit activement l'installation de nouveaux fours à coke. Un premier groupe de 20 fours système Collin, à récupération facultative, fût d'abord construit à la suite de la batterie Bernard et mis en feu en 1897.

60 autres fours du même système sont aujourd'hui en fonctionnement, ce qui porte l'installation totale à 156 unités.

En 1888, les flammes perdues des fours Coppée et Bernard étaient déjà utilisées par des générateurs Belleville pour fournir la vapeur nécessaire aux machines motrices voisines, et en 1899, une usine à récu-

pération des sous-produits, une usine à sulfate d'ammoniaque et une usine à récupération des benzols commençaient à fonctionner.

Pour compléter cet ensemble et utiliser toutes les flammes perdues des fours à coke, la Compagnie de Nœux installa huit nouvelles chaudières Belleville, qui fournissent la vapeur aux machines d'une station centrale d'électricité, et elle établit un transport d'une étendue de 15 km. pour utiliser l'énergie électrique ainsi obtenue.

Un plan en relief de ces différentes installations figurait au Champ-de-Mars, dans la classe 63.

Station centrale. — La station centrale établie près des fours à coke renferme deux groupes électrogènes donnant ensemble une puissance de 750 chevaux.

Le premier, de 250 chevaux, comprend une machine à vapeur à un cylindre, actionnant un alternateur et une excitatrice montés sur le même arbre.

Le second, de 500 chevaux, comprend une machine Compound à deux cylindres et distribution par soupapes Corliss, actionnant un alternateur à 72 pôles de 4 m. de diamètre formant volant.

Les deux alternateurs produisent du courant triphasé à la tension de 250 v., avec 50 périodes par seconde ; ils peuvent être couplés en quantité ; un dispositif spécial permet à l'électricien de faire varier, du tableau de distribution, la vitesse du second alternateur, de manière à obtenir le synchronisme absolu des périodes.

Une partie du courant obtenu est utilisée à la tension de 250 v. ; l'excédent subit une transformation jusqu'à 5000 v. avant d'être dirigé vers les puits.

Le tableau de distribution porte les interrupteurs à haute tension, convenablement protégés, et tous les appareils de mesure habituels.

Transport de l'énergie. — Le courant triphasé à 5000 v. est transporté dans trois directions :

1° A la fosse N° 3, voisine de l'Usine à coke, par une ligne dont les fils, en cuivre rouge, ont 15 mm^2 de section.

2° Au rivage de Beuvry, en passant à la fosse N° 6, par une ligne de 5 km. de longueur, composée de câbles de 35 mm^2 de section.

3° A la fosse N° 7, après avoir passé aux fosses N°s 1, 2, 4 et 5, par une ligne de 10 km. de longueur, composée de câbles de 100 mm^2 jusqu'au N° 5 et de 25 mm^2 entre les N°s 5 et 7.

La première ligne, sur la fosse N° 3, descend dans le puits jusqu'à

400 m. de profondeur et y amène le courant à la tension de 5 000 v. ; les trois fils, de 16 mm^2 de section, sont garnis de filins goudronnés, de manière à former un câble unique qui est recouvert d'une enveloppe en plomb de $2^{mm},5$ d'épaisseur, puis d'asphalte et enfin d'une enveloppe en fils d'acier capable de supporter le poids des 400 m. de câble, soit 3 050 kg.

La deuxième ligne dessert les installations de la surface.

La troisième ligne assure l'éclairage des fosses, ateliers, magasins et bureaux ; mais elle a été établie avec des conducteurs de forte section jusqu'au N° 5, de façon à pouvoir être prolongée dans ce puits et fournir, à la tension de 5000 v., le courant nécessaire au fonctionnement d'une pompe électrique de 120 chevaux.

Utilisation de l'énergie. — La fosse N° 3 et les Usines (lavoirs et usines à briquettes) sont éclairées depuis longtemps au moyen de trois dynamos de 55, 28 et 17 kw. qui fournissent du courant continu à 110 v. Ces moteurs serviront de secours quand, très prochainement, l'éclairage sera assuré par une ligne directe de la station centrale.

La ligne de la fosse N° 3 qui descend dans le puits, est réservée entièrement aux services du fond ; elle peut transmettre 350 chevaux à la tension de 5 000 v.

Treuil électrique. — Au fond, un transformateur ramène le voltage à 250 v. pour assurer le fonctionnement d'un treuil électrique de 35 chevaux destiné à élever les produits de l'étage 368 à l'étage 291, en attendant l'achèvement de la fosse N° 3 *bis*.

La transmission de ce treuil est obtenue par engrenages et la commande est faite au moyen d'un embrayage Lindsay.

Traction électrique. — La seconde application, au fond, est constituée par une traction de wagonnets au moyen de locomotives à accumulateurs. Nous donnerons dans le chapitre « Roulage » un exposé de ces machines et des raisons qui les ont fait adopter. Elles doivent fonctionner sous un courant de 100 v. et elles nécessitent par conséquent, une double transformation du courant triphasé à 5 000 v.

La station de transformation et de charge des accumulateurs est établie à proximité du puits d'entrée d'air avec lequel elle est en communication ; elle est reliée d'autre part au puits de sortie d'air par une galerie, de façon qu'on puisse ventiler la chambre de la station par un courant d'air spécial, sans communication avec les travaux. Cette dispo-

sition a été adoptée en raison de l'atmosphère grisouteuse de la fosse ; elle empêche la circulation de l'air grisouteux dans la chambre et elle assure le dégagement des gaz provenant de la charge des accumulateurs.

La station de charge renferme :

1° Les transformateurs statiques de 75 kw. qui transforment le courant triphasé à 5 000 v. en courant triphasé à 93 v.

2° Les convertisseurs de 70 kw. transformant le courant triphasé à 93 v. en courant continu à 130 v,

3° Les appareils de manœuvre et de contrôle nécessaires, ainsi que les voies et les prises de courant pour la charge des batteries d'accumulateurs.

4° Un pont transbordeur à manœuvre électrique pour prendre sur la voie de service les trucks d'accumulateurs à recharger et les entrer dans la station, et vice-versa.

Les locomotives, de 20 chevaux chacune, ont été essayées au jour et seront mises prochainement en service dans les galeries du fond.

Pompe électrique. — Enfin, une troisième application de l'énergie électrique dans la mine sera faite à la fosse N° 5, sur une pompe capable de refouler 70 m^3 d'eau par heure à la hauteur de 365 m. Cette pompe possède trois corps, à pistons plongeurs de 160 $\times$ 400 mm. un quatrième corps, à plongeur de 75 $\times$ 100 mm. animé d'un mouvement trois fois plus rapide que les premiers, sert de pompe compensatrice pour équilibrer les efforts d'une façon à peu près complète. Les soupapes sont à trois étages.

Le moteur électrique fonctionnera sous la tension directe de 5 000 v. et développera 120 chevaux. Il est renfermé dans une enveloppe étanche que l'arbre moteur traverse au moyen d'un presse-étoupes à ressorts. Une surpression sera constamment maintenue à l'intérieur de cette enveloppe afin de s'opposer à toute rentrée d'air grisouteux dans l'atmosphère de la dynamo. L'interrupteur à haute tension est à bain d'huile pour offrir la plus complète sécurité en cas de présence du grisou.

Eclairage électrique. — La station centrale assure l'éclairage à la surface de la fosse N° 6 et au rivage de Beuvry, par une transformation de la tension à 5 000 v. de la deuxième ligne, en 250 et 125 v. De même, le courant de la troisième ligne, transformé à 125 v. permet d'éclairer les installations des six autres fosses, des ateliers, des magasins et des bureaux centraux.

Transport d'énergie électrique des Mines de Dombrowa

La Société franco-italienne des houillères de Dombrowa (Pologne russe) exposait un schéma du transport et de l'utilisation de la force motrice électrique dans ses mines, ainsi que plusieurs dessins des machines réceptrices installées au fond et à la surface.

L'énergie électrique est obtenue à la station centrale par deux machines à vapeur, de 600 chevaux chacune, actionnant deux dynamos génératrices capables de produire un courant continu de 1 500 amp. sous 550 v., soit une puissance totale de 820 kw.

La distribution se fait dans les conducteurs à la tension même de la machine, pour les lignes qui alimentent les réseaux souterrains, et à la tension de 110 v. obtenue au moyen d'un transformateur, pour les lignes de la surface.

L'énergie électrique du réseau à 550 v. est utilisée pour les appareils suivants :

Treuils	1 moteur de 230 ampères, 10 id. de 50 id.
Ventilateurs . . .	4 moteurs de 15 ampères.
Pompes d'épuisement	1 moteur de 300 ampères, 4 moteurs de 15 id.
Locomotives . . .	5 machines à 2 moteurs de 12 chevaux chacun.
Moteurs divers . .	2 de 50 ampères.
	500 lampes à incandescence de 16 bougies.

L'énergie électrique du réseau à 110 v. est utilisée de la façon suivante :

Toiles et Criblage. . .	4 moteurs de 20 kilowatts.
Monte-charges . . .	2 id. de 10 id.
Transbordeurs . . .	2 id. de 10 id.
Ateliers.	1 id. de 20 id.
	12 lampes à arc de 12 ampères.
	300 lampes à incandescence de 16 bougies.

Transport d'énergie électrique des Mines de Marles

La Société des Mines de Marles avait installé, en 1890, un transport de force par l'électricité, de 40 chevaux de puissance, dans le but de fournir à deux locomotives souterraines le courant nécessaire à leur fonctionnement pour la traction mécanique des convois.

Cet essai de traction ayant complètement réussi, la Société résolût d'augmenter le nombre des locomotives et de créer, au siège N° 5, une

installation beaucoup plus importante que la première. Une station de 500 chevaux fût donc établie en 1893. Elle se compose d'une machine à vapeur compound, à condensation, qui commande quatre dynamos génératrices de 80 kw. chacune.

Le diamètre du petit cylindre de la machine à vapeur est de 660 mm, celui du grand cylindre 1 m ; la course commune des pistons est de $1^{m},300$ et la vitesse de l'arbre 60 tours par minute. En cas d'avarie à l'un des cylindres, l'autre peut actionner, à lui seul, la machine. Un jeu de valves permet de substituer l'échappement à air libre à la condensation et, au besoin, d'isoler un condenseur.

Les dynamos fournissent le courant continu à 500 v. ; chacune d'elles peut produire 160 a. à la vitesse de 350 tours par minute.

Les conducteurs, dans le puits, sont formés de câbles en cuivre de 25 mm. de diamètre et 400 mm^2 de section ; ils sont armés, ce qui porte leur diamètre extérieur à 60 mm. et peuvent recevoir facilement un courant de 640 a.

Le courant ne devait être utilisé au début, pour la plus grande partie, qu'au fonctionnement des douze locomotives souterraines, de 20 chevaux chacune, dont nous parlerons au chapitre « roulage ».

Mais cette utilisation s'est étendue peu à peu aux treuils de 25 chevaux, aux ventilateurs secondaires de 10 chevaux et aux petites pompes d'épuisement de 5 et 10 chevaux ; bientôt la machine motrice de 500 chevaux est devenue insuffisante et il a fallu lui adjoindre une seconde machine de 900 chevaux.

La Société des Mines de Marles ne s'arrêtera pas là ; elle a commencé des essais de perforation et de havage mécanique, elle entrevoit en plus d'un développement important des moteurs souterrains, la substitution d'anciennes machines à vapeur de la surface par des moteurs électriques et elle se propose d'actionner électriquement les grands ventilateurs de ses fosses. Il est donc probable, qu'à bref délai, une puissante station centrale sera installée au siège N° 5 pour fournir l'électricité nécessaire à tous les services de la Compagnie.

Installations électriques du siège n° 5 des Mines de Bruay

Les installations électriques qui ont été faites récemment au siège N° 5 des mines de Bruay ne constituent pas un transport d'énergie très important, puisqu'elles n'intéressent que l'éclairage de la surface et de quelques accrochages et les appareils du jour. Elles nous ont paru néanmoins intéressantes à signaler comme exemple de production et

d'utilisation de force motrice à un siège isolé, dans d'excellentes conditions de premier établissement.

Station centrale, groupes électrogènes. — La station centrale comprend trois groupes électrogènes, d'une puissance normale de 200 chevaux chacun, montés dans une grande salle de machines, qui renferme également deux compresseurs et deux appareils de ventilation (Voir le plan d'ensemble *Pl. hors texte*). L'emplacement nécessaire à un quatrième groupe a été réservé dans cette salle, de sorte que la puissance totale de l'installation électrique atteindra 800 chevaux.

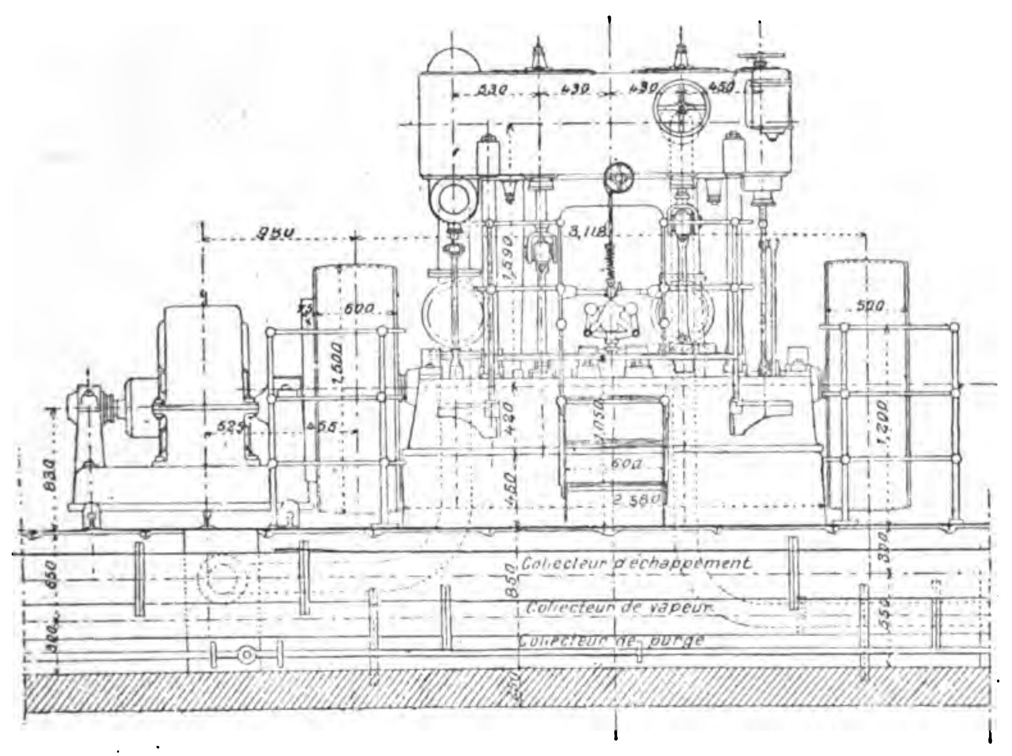


Fig. 18. — Mines de Bruay. — Ensemble d'un groupe électrogène. — Élévation longitudinale.

Le courant employé est continu ; il est distribué par un réseau à trois fils, avec une différence de potentiel de 240 v. entre chaque pont. Pour alimenter ce réseau, chaque groupe électrogène est formé d'une machine à vapeur actionnant par courroies deux dynamos affectées respectivement aux deux ponts de la distribution.

Nous donnons, fig. 18 et 19, la disposition d'ensemble d'un groupe électrogène. La machine à vapeur est du type vertical, à deux cylindres Compound ; elle tourne normalement à la vitesse de 250 tours et fournit,

sur l'arbre, une puissance disponible de 200 chevaux en marchant avec échappement à l'air libre et 6 kg. de pression à la boîte à tiroir; cette puissance atteint 260 chevaux dans la marche à condensation, avec 7 kg. de pression à la boîte à tiroir. Tous les organes ont été calculés pour la pression de 10 kg.

Le régulateur de vitesse est d'une grande sensibilité ; il maintient la vitesse pratiquement constante, quel que soit le travail, et il présente cette particularité de permettre de régler l'allure dans des limites assez larges pendant la marche elle-même. On peut alors donner, à chaque instant, à la machine la vitesse qui convient le mieux au service qui lui est demandé.

La distribution de vapeur se fait par tiroirs cylindriques et du côté du petit cylindre, un double tiroir permet la variation de la détente.

Les données principales de la machine sont les suivantes :

Diamètre du cylindre d'admission . . .	400 mm
Diamètre du cylindre de détente. . . .	570 —
Course commune des pistons.	330 —
Nombre de tours . .	250
Diamètre des poulies-volants.	1m,500

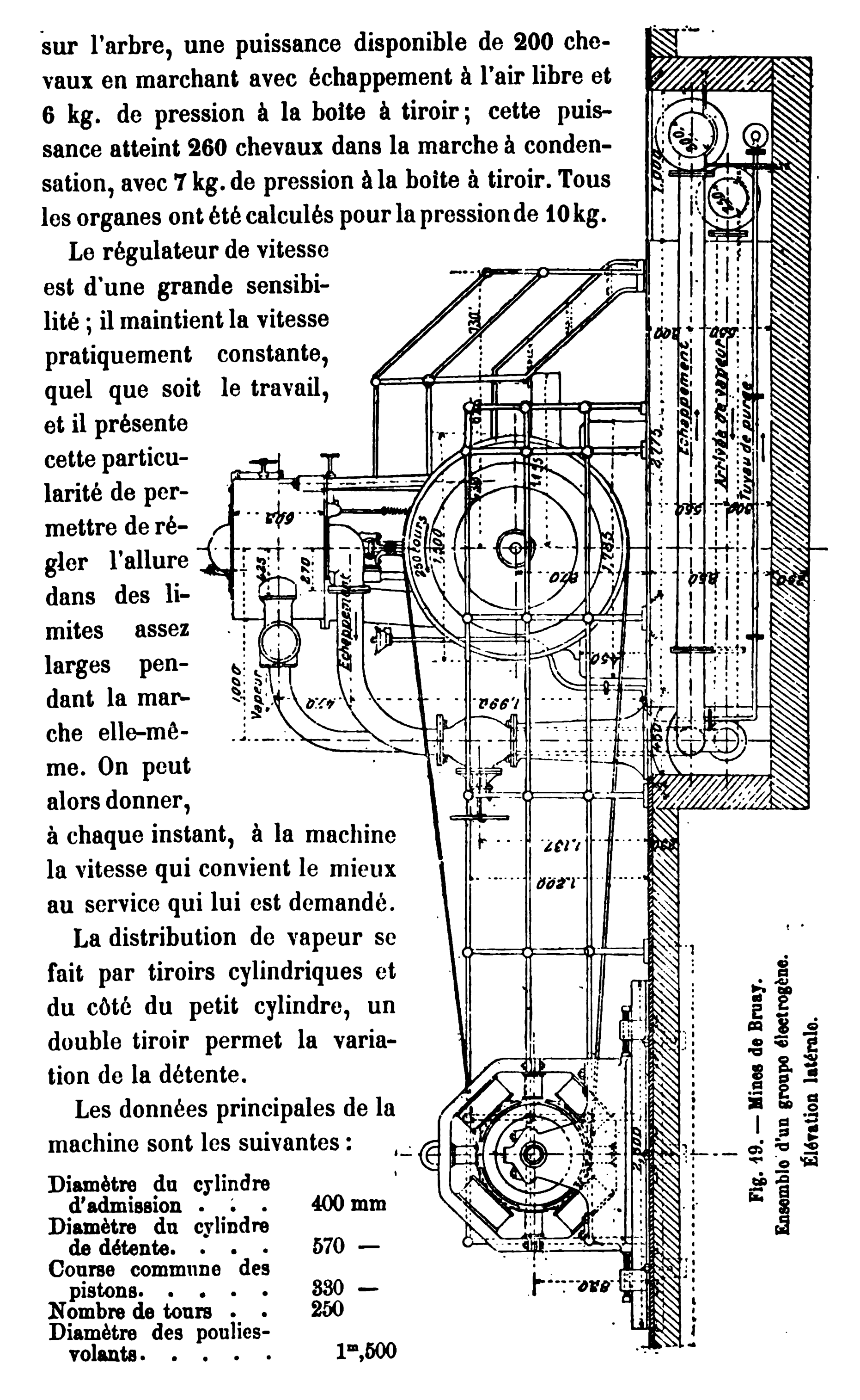


Fig. 19. — Mines de Bruay.
Ensemble d'un groupe électrogène.
Élévation latérale.

Les dynamos sont du type Sautter-Harlé ; chacune d'elles peut donner en service normal 66 kw. à la tension de 240 v. en tournant à 500 tours.

L'enroulement des inducteurs est compound ; de plus, les dynamos sont pourvues d'électros compensateurs permettant de maintenir le calage des balais absolument fixe, quelle que soit la charge, et sans qu'il se produise d'étincelles.

Les frotteurs de prise de courant sont en charbon.

Le graissage des paliers se fait automatiquement au moyen de bagues. Les dynamos sont montées sur rails, avec tendeurs pour régler les courroies même pendant la marche.

Tableaux de connexions et de distribution. — Nous avons dit que les deux dynamos de chaque groupe électrogène étaient affectées chacune à un pont différent de la distribution. Les dynamos des trois ensembles sont groupées à volonté, en quantité, au moyen du tableau de connexions. Ce tableau porte, pour chaque machine, un ampèremètre et un appareil de couplage à enclenchements électro-magnétiques, formé d'un interrupteur muni d'un système de déclenchement, régi par un solénoïde monté en série sur le courant produit par la dynamo correspondante. L'appareil est réglé de manière que le déclenchement se produise aussitôt que l'intensité du courant fourni par la dynamo devient nulle.

Grâce à ce dispositif, la dynamo est isolée dès qu'elle cesse, pour une cause quelconque, de débiter du courant ; on empêche ainsi le retour du courant des autres dynamos en circuit, vers la première. D'autre part, l'appareil porte un système d'enclenchement magnétique à double enroulement, qui ne permet de fermer l'interrupteur qu'au moment où la dynamo correspondante maintient à ses bornes une différence de potentiel égale à celle qui existe entre les barres du tableau.

En résumé, cet appareil empêche de fermer l'interrupteur, si la dynamo qu'il dessert n'est pas dans les conditions voulues pour le couplage, et il provoque la rupture automatique du circuit quand les conditions précédentes cessent d'être remplies, prévenant ainsi tout accident de couplage.

De plus, pour éviter les inversions de polarité qui peuvent se produire dans le couplage des dynamos compound groupées en parallèle sans précautions spéciales, des commutateurs, placés à la partie supérieure du tableau, établissent des connexions directes entre les balais des dyna-

A la station centrale, un commutateur à résistance liquide permettant de faire l'excitation préalable et d'assurer le démarrage progressif.

A la station réceptrice, un commutateur à résistance liquide pour couper le circuit en cas d'incident, et un commutateur bipolaire à deux directions, pour relier la ligne d'arrivée du courant à l'une ou à l'autre des deux réceptrices.

Transbordeurs de wagons. — Les deux transbordeurs sont actionnés chacun par un électromoteur, installé à poste fixe, commandant un arbre à noix sur lequel s'enroule une chaîne dont les extrémités sont reliées à la plate-forme du transbordeur. L'excitation est compound et les appareils de manœuvre, placés dans une cabine, sont portés par le transbordeur ; ils comprennent :

Un commutateur à relais magnétiques, système Sautter-Harlé, avec contacts en charbon sur lesquels s'effectuent toutes les ruptures et toutes les fermetures de circuit.

Un commutateur inverseur pour le changement de marche et le démarrage progressif.

Un bouton de pointage qui permet d'obtenir, par l'intermédiaire du commutateur à relais, de très faibles déplacements, de façon à amener les rails du chariot exactement dans le prolongement des voies à desservir, quand cette coïncidence n'a pas eu lieu au premier arrêt.

Les appareils de manœuvre sont reliés aux électromoteurs et à la ligne de conducteurs par quatre fils tendus à une certaine hauteur, parallèlement aux voies du transbordeur ; sur ces fils roulent des poulies montées à l'extrémité d'une perche.

Pompes du Château-d'eau. — Les deux pompes sont actionnées par deux moteurs capables de développer huit chevaux et demi chacun à la vitesse de 800 tours. L'induit est disposé pour fonctionner sous 240 ou sous 480 v.

Les appareils de manœuvre et de mesure comportent :

A la station centrale : deux ampèremètres et deux interrupteurs à deux directions connectées, permettant de mettre chaque induit sous 240 ou sous 480 v. ; deux commutateurs de démarrage à résistance liquide et un tableau muni d'avertisseurs optiques et acoustiques, fonctionnant quand l'eau atteint dans la bâche l'un des niveaux extrêmes.

A la station réceptrice : deux ampèremètres et deux interrupteurs à résistance liquide pour arrêter les pompes en cas d'incident.

Monte-charges. — Chaque monte-charges est actionné par un treuil d'une puissance suffisante pour soulever, à la vitesse de $0^m,80$ par seconde, une charge à demi équilibrée de 750 kg.

Le treuil se compose d'un bâti en fonte supportant l'électromoteur, dont l'arbre se prolonge par une vis sans fin en acier, à taille dite globique. Cette vis engrène avec une roue striée en bronze, solidaire du tambour à double gorge sur lequel s'enroulent les câbles des cages.

Un frein électro-magnétique de sûreté agit automatiquement sur une poulie clavetée sur l'arbre de la vis, dès que le courant n'arrive plus au moteur.

Les appareils de manœuvre comprennent quatre commutateurs à relais magnétiques ; deux d'entre eux servent au changement de marche, les deux autres permettent le démarrage progressif.

Un commutateur de mise en marche et d'arrêt automatique à fin de course est actionné par la cage. Au-dessus de ce commutateur, un appareil de sécurité est disposé pour arrêter le treuil, au cas, improbable, où l'arrêt automatique n'aurait pas fonctionné.

Les machines de la station centrale, les électromoteurs et tous les appareils électriques de l'installation de la fosse N° 5, ont été fournis par la maison Sautter-Harlé.

CHAPITRE IV

AMÉNAGEMENT DES PUITS

Chevalements.

Les chevalements n'ont pas subi de modifications bien sensibles dans leurs formes ; au point de vue de la construction, les poutres en treillis semblent devoir remplacer complètement les caissons en tôle pleine ; l'aspect d'ensemble y gagne en élégance et cette substitution permet de réaliser une économie de métal très appréciable.

Plusieurs sociétés houillères (Bruay, Béthune, Carmaux, etc.) exposaient des modèles réduits de chevalements en fer, récemment installés sur leurs puits, et M. Malissard-Taza, constructeur à Anzin, présentait au pavillon de l'Exposition minière du Trocadéro, un chevalement métallique destiné à la fosse d'Arenberg, de la Compagnie d'Anzin. Ce chevalement comporte un clichage inférieur placé au-dessous du plancher de la recette, une partie verticale formant le prolongement du puits et composée de quatre montants verticaux entretoisés par croisillons, une contrefiche obtenue par l'assemblage des deux bigues ou poussards et placée obliquement dans le plan de la bissectrice de l'angle formé par le câble et l'axe du puits, et enfin un campanile surmontant le plancher des molettes. La résultante des forces qui agissent sur les molettes passe dans le plan de la contrefiche, calculée pour résister à un effort constant de 178 t.

Le poids du chevalement proprement dit, sans les molettes et les taquets, atteint 88 t. L'axe des molettes est placé à 20 m. au-dessus du plancher de la recette, et à $28^{m},800$ au-dessus du niveau du sol. A chaque molette, alternativement, sera suspendu un poids de 34 t. pour une extraction à 750 m. de profondeur. Ce poids se décompose ainsi : cage, 5500 kg., 12 berlines, 3000 kg. ; charbon contenu dans les 12 berlines, 7000 kg., et câble, 18500 kg.

Cables.

Machine à essayer les fils des câbles métalliques. — La Société des Mines de Blanzy exposait une machine à essayer les fils métalliques, composée de deux étaux, l'un fixe, l'autre pouvant coulisser le long d'une manivelle dont l'axe se trouve au niveau de la partie supérieure du premier étau. Cette manivelle peut recevoir un mouvement d'oscillation dont l'amplitude est de 180°, par l'intermédiaire d'un levier, d'une bielle, et d'une manivelle montée sur un arbre commandé par une courroie avec tendeur; ces oscillations se font à l'intérieur d'un arceau suspendu en son milieu; la manivelle qui porte l'étau mobile est munie d'un ressort qui éloigne cet étau du point d'articulation et l'applique, par conséquent, contre l'arceau.

Lorsque le tendeur doit agir sur la courroie pour produire le mouvement, on le maintient en place au moyen d'un enclenchement commandé par l'arceau.

Pour faire un essai, on pince les extrémités du fil entre les deux étaux, en comprimant légèrement le ressort de la manivelle de façon à écarter l'étau mobile de l'arceau, puis on enclenche le tendeur ; le mouvement d'oscillation se produit, et quand le fil se rompt, l'étau mobile vient frapper l'arceau, ce qui produit le déclenchement du tendeur et par suite l'arrêt de la machine.

Une roue à rochet enregistre les oscillations complètes correspondant à quatre flexions simples de 90° ; une roue à quatre bras permet d'apprécier les quarts d'une oscillation complète et par conséquent les flexions simples.

Pour chaque opération, on peut ramener ces roues au zéro.

Cages et Parachutes.

Les cages d'extraction deviennent des engins de plus en plus importants, en raison du grand tonnage que l'on demande aujourd'hui aux puits outillés d'une façon moderne, et au fur et à mesure que des perfectionnements sont apportés aux machines pour en augmenter la puissance. Les cages à huit berlines et à deux étages, assez récentes cependant, commencent à faire place aux cages à 12 berlines et à trois étages. M. Malissard-Taza montrait, au pavillon de l'Exposition minière du Trocadéro, une de ces cages à 12 berlines destinée à la fosse d'Arenberg de la Compagnie d'Anzin. Chacun des trois étages est muni d'un châssis mobile et

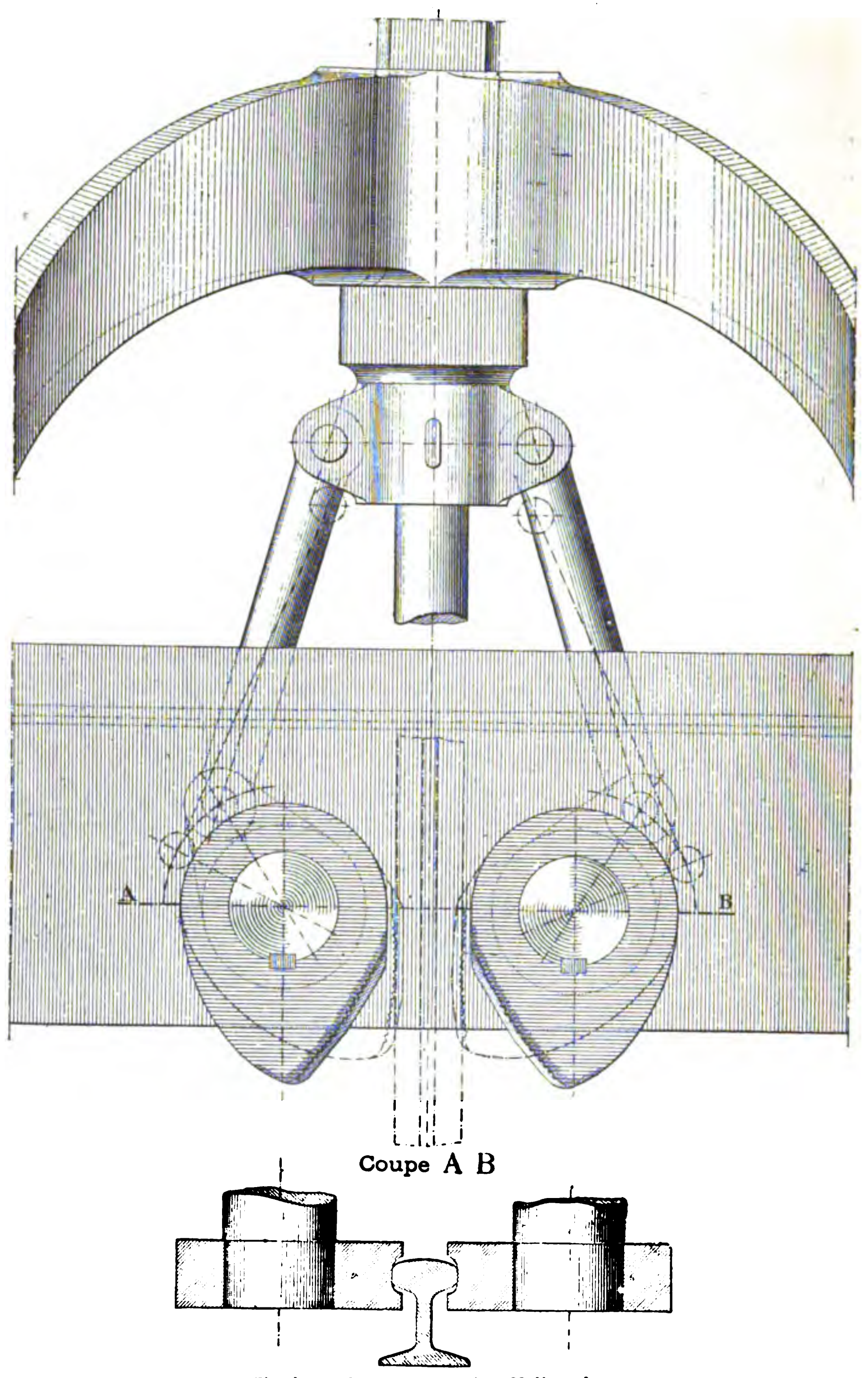


Fig. 21. — Parachute, système Malissard.

d'un châssis fixe, sur lequel se fait la réception. Contrairement à ce qui se produit ordinairement, la cage, assise sur ses taquets, se trouve suspendue par la partie supérieure, et les montants verticaux qui réunissent les châssis travaillent à la traction. Le châssis supérieur porte une poutre mobile qui se soulève au moment où l'on reçoit les trois châssis mobiles; le décagement est ainsi obtenu automatiquement par la gravité.

Cette cage est munie d'un parachute Malissard pour guidage métallique, agissant sur des rails Vignole en acier de 45^{kg},200 le mètre.

Le poids total de la cage et du parachute est de 5500 kg. Nous donnons un croquis du parachute Malissard (fig. 21), comprenant une épure du mouvement de ses organes; la simplicité de son fonctionnement nous dispense d'une description de l'appareil lui-même. La première application de ce parachute a été faite en 1898, aux cages à huit berlines des fosses n° 5 et 5 *bis* des Mines de Bruay. L'une de ces cages a été soumise à des expériences, devant l'Ingénieur au corps des mines de Valenciennes et les Ingénieurs en chef des Compagnies houillères du Nord et du Pas-de-Calais.

Les résultats de ces expériences sont consignés dans le tableau suivant :

DATES DES EXPÉRIENCES	Course parcourue par la cage après la rupture du câble	NOMBRE de dents de chaque griffe en prise	OBSERVATIONS
17 juin 1898	28 mm	9	Ressort composé de 12 lames de 80 × 12 développant une force initiale de 3 500 kg.
17 id.	73 »	9	
25 id.	14 »	10	
27 id.	55 »	10	Ressort composé de 7 lames de 70 × 10 développant une force initiale de 2 200 kg.
28 id.	19 »	9	
8 juillet 1898	18 »	9	
9 id.	17 »	9	

Poids de la cage à vide . . . . . 4 400 kg.
Charge additionnelle . . . . . . 6 000 »
Charge totale suspendue . 10 400 kg.

Malgré les prises successives, les dents sont restées intactes ; elles ont pénétré de 1 mm. dans le rail en acier forme Vignole, de 20 kg. le mètre, sans qu'il y ait eu glissement.

Cages à planchers mobiles et taquets de la recette du jour de Dourges. — La Compagnie des Mines de Dourges montrait, dans la

réduction des installations d'ensemble de la fosse Boisgelin, un dispositif spécial pour faciliter la manœuvre de déchargement des cages à la recette du jour.

L'extraction est obtenue à cette fosse par cages à huit berlines disposées sur deux étages, à raison de quatre par étage ; afin d'obtenir une grande rapidité dans les manœuvres d'encagement et de décagement et de diminuer les efforts des moulineurs, les planchers des cages sont soulevés à l'arrière au moyen de deux tasseaux reposant sur les taquets. Les berlines se trouvent ainsi sur un plan incliné et sortent seules de la cage ou, tout au moins, sous un faible effort. Les taquets spéciaux pour ces fonds ont une certaine élasticité dans le but d'amortir le choc résultant de la pose des butées des planchers mobiles sur leurs taquets.

Le dispositif consiste en deux puissants ressorts qui, une fois le choc produit, reprennent leur tension primitive en maintenant le plancher soulevé de leur côté ; ces ressorts remplissent le même rôle que ceux des boisseaux dans les tampons des wagons.

Le croquis ci-contre (fig. 22) montre ce dispositif pour une cage.

Deux arbres *a a'*, placés dans des paliers assemblés sur de forts sommiers *b b'*, portent chacun un jeu de taquets à excentrique ordinaire *c c'*, destinés à recevoir le châssis de la cage. Sur l'arbre *a'*, sont calés deux autres taquets *d d'* pour la relevée des planchers mobiles.

Les planchers sont réunis à la cage par de solides charnières en acier coulé ; lorsque la cage est suspendue dans le puits, ces planchers reposent sur les entretoises *f*. Deux tasseaux à talon sont disposés sur chaque fond mobile à l'opposé des charnières. Les taquets *d d'* portent chacun un bras *h* venant s'appuyer sur un galet placé à l'intérieur d'une fourche *i*. Dans une boîte *j*, un ressort à boudin exerce sur cette fourche une pression telle que le plancher est maintenu relevé avec les quatre berlines pleines.

Comme la cage a toujours une certaine vitesse au moment où elle vient se poser sur les taquets, ceux du fond mobile tendront à tourner autour de leur bloc excentré, en comprimant par leur bras *h* les ressorts à boudin ; mais, le choc produit, les ressorts reprennent leur tension primitive, largement suffisante pour maintenir les fonds soulevés.

Avec ce dispositif, il fallait avoir du côté de l'encagement des vides, un niveau plus haut que celui de la sortie. On aurait pu y arriver en disposant le plancher de la recette avec une pente suffisante pour obtenir cette différence de niveau ; mais cette pente aurait été trop grande

pour permettre de ramener avec facilité les berlines vides du côté de l'encagement. On a alors donné une faible inclinaison au plancher et on a disposé, sur une certaine longueur, des plats de roulage à épaisseur

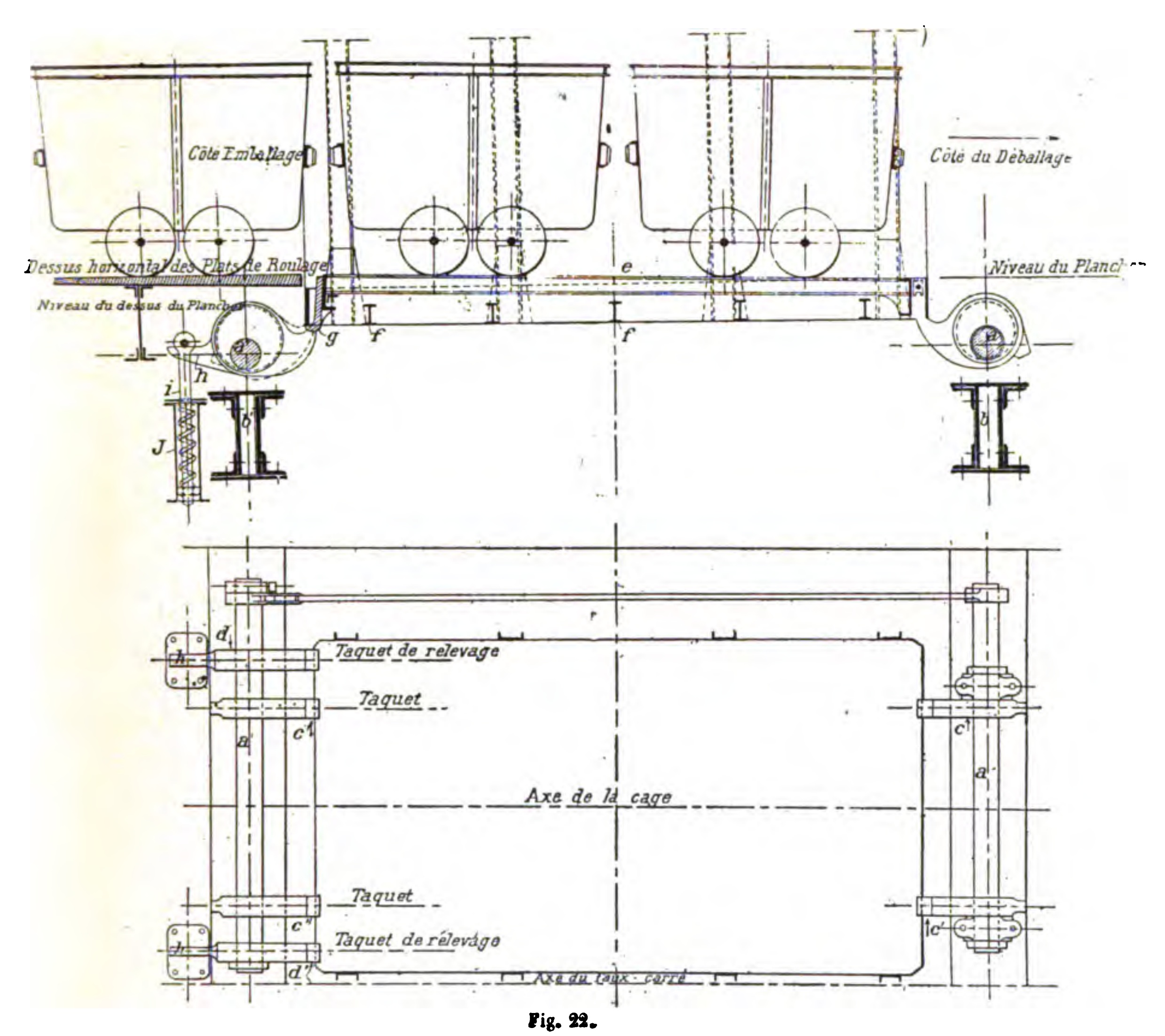


Fig. 22.

décroissante pour les berlines vides ; d'autre part, ces berlines ne tendent pas à revenir vers le puits par l'action de la gravité.

Il faut ajouter que les taquets des fonds mobiles, comme ceux de la cage, sont à excentrique et calés sur le même arbre, de sorte que le levier de manœuvre produit l'effacement simultané des deux sytèmes de taquets.

Ces cages à planchers mobiles sont en service à la fosse Boisgelin depuis deux ans et M. Robiaud, directeur de la Compagnie de Dourges, assure qu'elles n'ont encore subi aucune réparation.

Aménagement des puits de Lens. — La Société des Mines de Lens présentait une réduction, à l'échelle de 1/5, d'un puits d'extraction de 5 m. de diamètre, muni de son guidage, de ses cages, et montrant la disposition de l'accrochage au fond et du moulinage au jour.

Les cages d'extraction à deux étages, quatre berlines par étage, sont munies des parachutes habituels. Le guidage en rails est établi sur des moises, placées au milieu du puits, et un longrinage spécial est installé en vue d'assurer aux parachutes une action très efficace en cas de rupture du câble, tout en ménageant le guidage et la cage.

Les taquets à excentriques du jour sont du système Reumaux. Ils fonctionnent comme des taquets ordinaires et peuvent, en même temps, s'effacer par voie de glissement quand la cage repose sur eux ; on évite ainsi d'avoir à soulever la cage pour la mettre dans le puits. Il existe, de plus, un enclenchement des taquets du jour par la corde de la sonnette du fond ; les taquets sont normalement immobilisés par un enclenchement relié à la corde de la sonnette ; c'est le chargeur des cages du fond qui, lorsque tout est prêt, les déclenche en même temps qu'il donne le signal au mécanicien ; les départs prématurés des cages sont ainsi rendus impossibles.

Des dispositifs de sûreté sont placés aux barrières du fond, qui s'enclenchent avec le levier de sonnette afin de réaliser les desiderata suivants : Ne pouvoir sonner que si les barrières sont fermées, tant du côté des pleins que du côté des vides ; ne pouvoir maintenir ouvertes les barrières des pleins et des vides qu'au moment où la cage est à l'accrochage et où le levier de sonnette occupe la position qui immobilise les taquets du jour. En cas d'emploi des taquets hydrauliques, ces enclenchements sont complétés par des organes, non exposés, dont le but est d'établir une solidarité entre le fonctionnement des barrières et celui des taquets.

Enfin, des taquets d'arrêt de berlines, placés sur les voies d'arrivée des pleins, à quelque mètres de l'accrochage, empêchent les berlines chargées de venir heurter la cage ou les barrières et assurent toute sécurité aux chargeurs pendant leur travail.

Guidage de Montrambert. — La Société des Mines de Montrambert et de la Béraudière présentait un modèle au 1/5 d'un système de

guidage par longrines éclissées, permettant de compenser les effets du tassement des puits, et un modèle en vraie grandeur de l'assemblage.

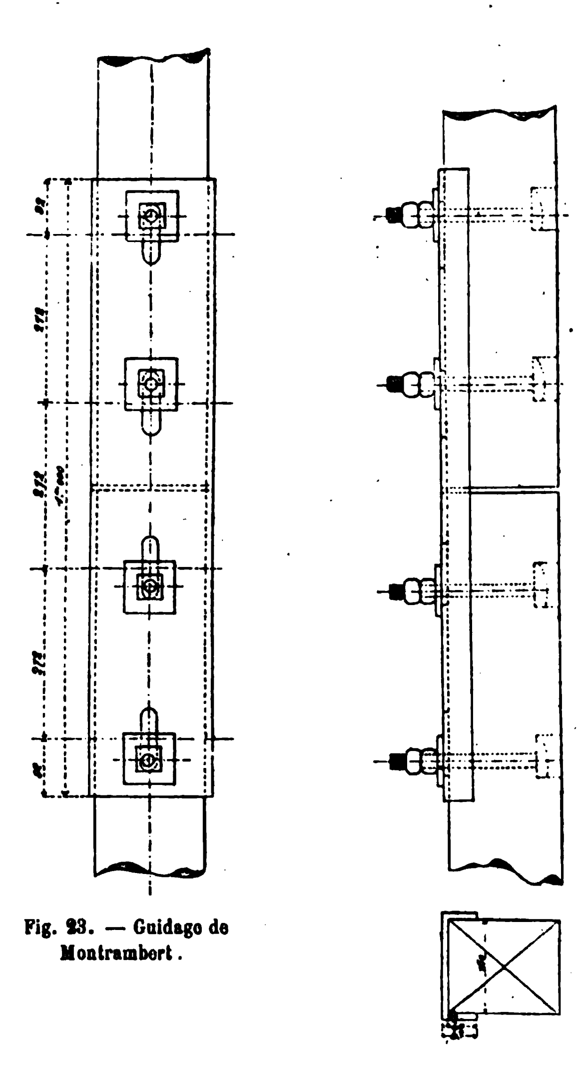


Fig. 23. — Guidage de Montrambert.

Par suite du défaut de cohésion du terrain houiller, ébranlé par l'exploitation des couches puissantes, les colonnes de puits ne tardent pas à se déformer et à s'affaisser sur elles-mêmes, malgré les piliers de protection conservés dans leur voisinage. Pour éviter les désordres que ces mouvements apportent dans le guidage, et pour faciliter les réparations, il a paru utile de réunir les guides bout à bout par des éclisses en fer qui leur permettent un certain déplacement dans le sens vertical.

A cet effet, l'assemblage a été reporté au milieu de l'intervalle des traverses. Les extrémités des guides, coupées horizontalement et laissant entre elles un centimètre de jeu, sont assujetties dans une gouttière en tôle à l'aide de quatre boulons. Les trous des boulons, dans la tôle, sont allongés de façon à permettre le glissement longitudinal.

Lorsque, par suite de ce glissement, les guides viennent à s'arc-bouter, on enlève momentanément l'éclisse, et à l'aide d'un trait de scie, on rétablit le jeu initial.

Les guides sont en chêne ; ils ont $4^{m},80$ de longueur et 150×180 d'équarrissage. Ils sont fixés sur trois traverses espacées de $1^{m},60$ d'axe en axe.

Barrière automatique pour la fermeture des recettes. — La barrière automatique exposée par la Société des Mines de Béthune, ne peut dégager l'ouverture du puits qu'au moment où la cage vient se présenter devant la recette. La barrière se referme en s'enclenchant d'elle-même quand la cage disparaît.

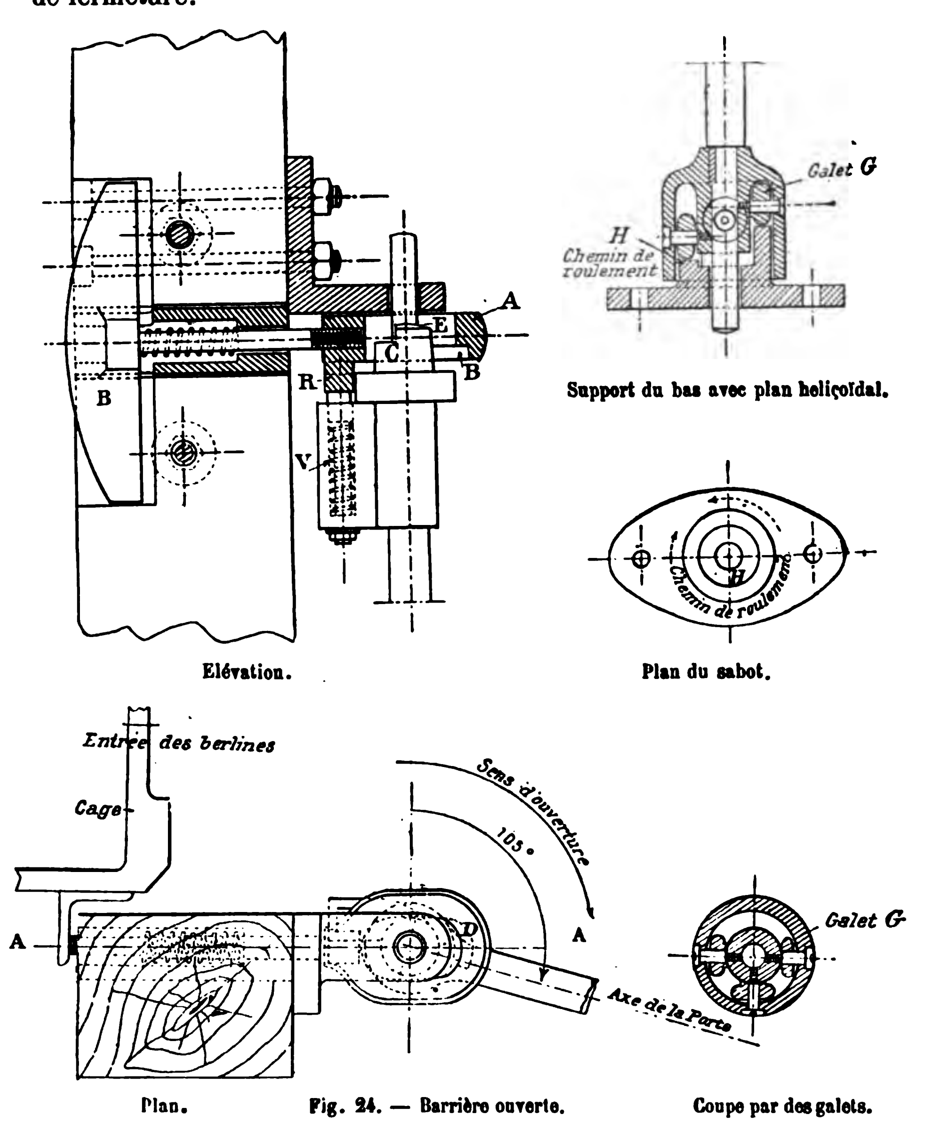
Le dispositif consiste en un œillet d'enclenchement A (fig. 24, 25 et 26), qui manœuvre la cage en rencontrant la touche B, et que traverse le pivot C de la barrière à sa partie supérieure. L'embrayage est obtenu par une encoche D, pratiquée intérieurement à l'œillet, et dans laquelle pénètre un tenon d'arrêt E venu de forge avec le pivot de la barrière. C'est la position de fermeture.

Quand la cage se présente à la recette, elle agit sur la touche B, pousse l'œillet d'enclenchement A et dégage le tenon d'arrêt E qui rend toute liberté à la barrière.

En tournant pour s'ouvrir, la barrière s'élève sur un rampant hélicoïdal H, qui entoure l'axe de rotation à la partie inférieure. La barrière gravit le rampant à l'aide de trois petits galets G et se développe jusqu'à ce qu'elle soit maintenue par un verrou à ressort V, qui prend sur un ergot R faisant corps avec l'œillet A. C'est la position d'ouverture.

Quand la manœuvre de recette ou d'accrochage est terminée, la cage se retire ; elle abandonne la touche B, dont le premier mouvement de recul a pour effet de lâcher le verrou de retenue V, dont il vient d'être parlé, et qui maintenait la position d'ouverture. La barrière, obéissant alors à la pesanteur, tourne d'elle-même en descendant sur le rampant hélicoïdal H et au moment où elle se ferme, l'œillet d'enclenchement A, sollicité par le ressort de rappel qui commande la touche B, embraye

l'axe de rotation et immobilise à nouveau le système dans la position de fermeture.



Support du bas avec plan heliçoïdal.

Elévation. Plan du sabot.

Plan. Fig. 24. — Barrière ouverte. Coupe par des galets.

Barrières semi-automatiques des recettes du jour de Montrambert.— Dans les anciennes installations de la Société de Montrambert et de la Béraudière, les recettes des puits d'extraction sont fermées par des barrières coulissantes que la cage soulève en arrivant au jour.

Ce système, très simple, présente cependant dans l'application, de

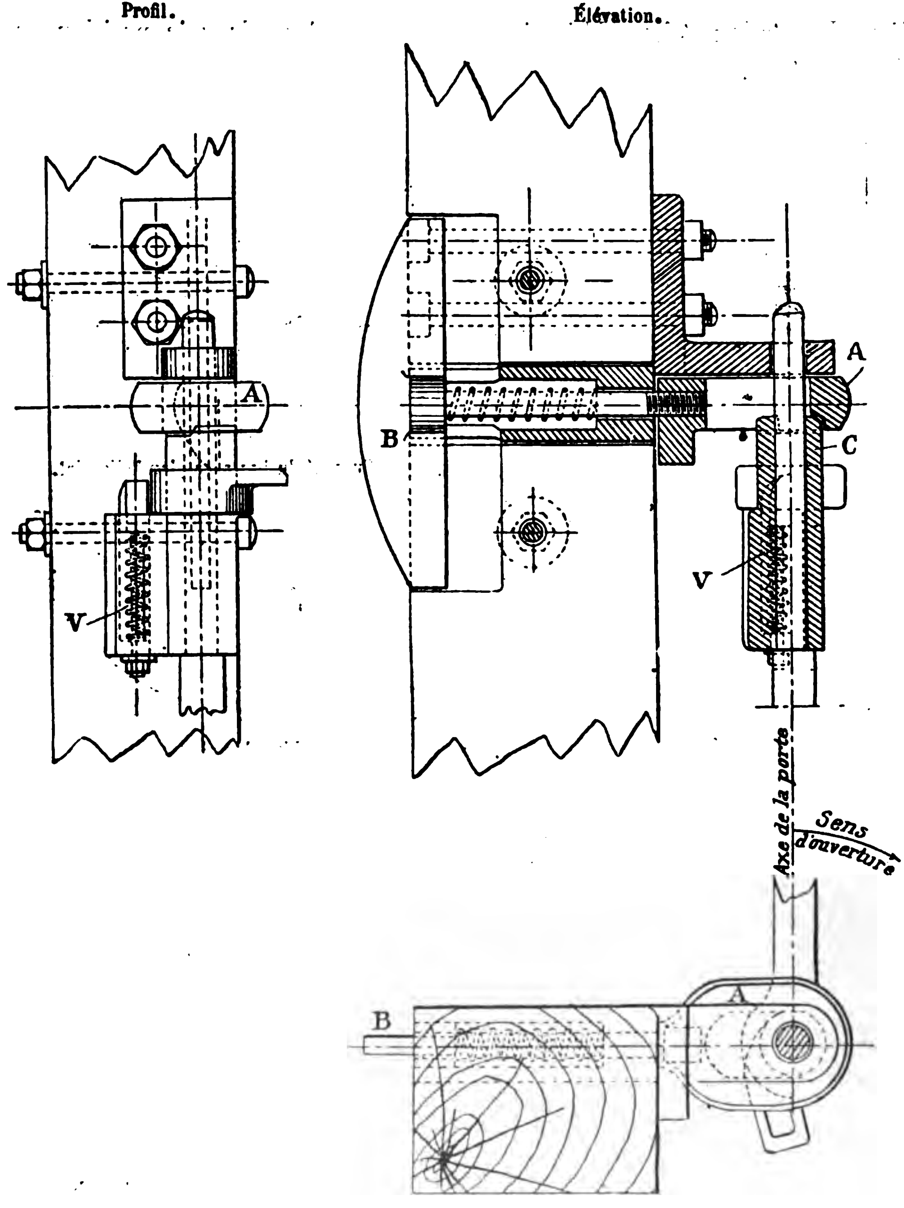


Fig. 25. — Barrière fermée.

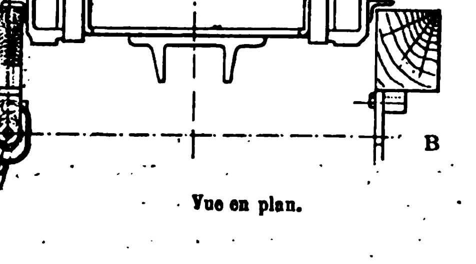
nombreux inconvénients. Il est remplacé, dans les nouveaux sièges, par des barrières automatiques dont un modèle au 1/10 était exposé.

On s'est proposé, avec ce système, d'avoir des barrières s'ouvrant simultanément à l'avant et à l'arrière de la recette, sous un faible effort du receveur, et ne pouvant rester ouvertes en dehors de cet effort que si la cage est présente. Dès que celle-ci s'efface, soit qu'elle descende dans

Fig. 26. — Barrières de Béthune.

Élévation.

Profils.

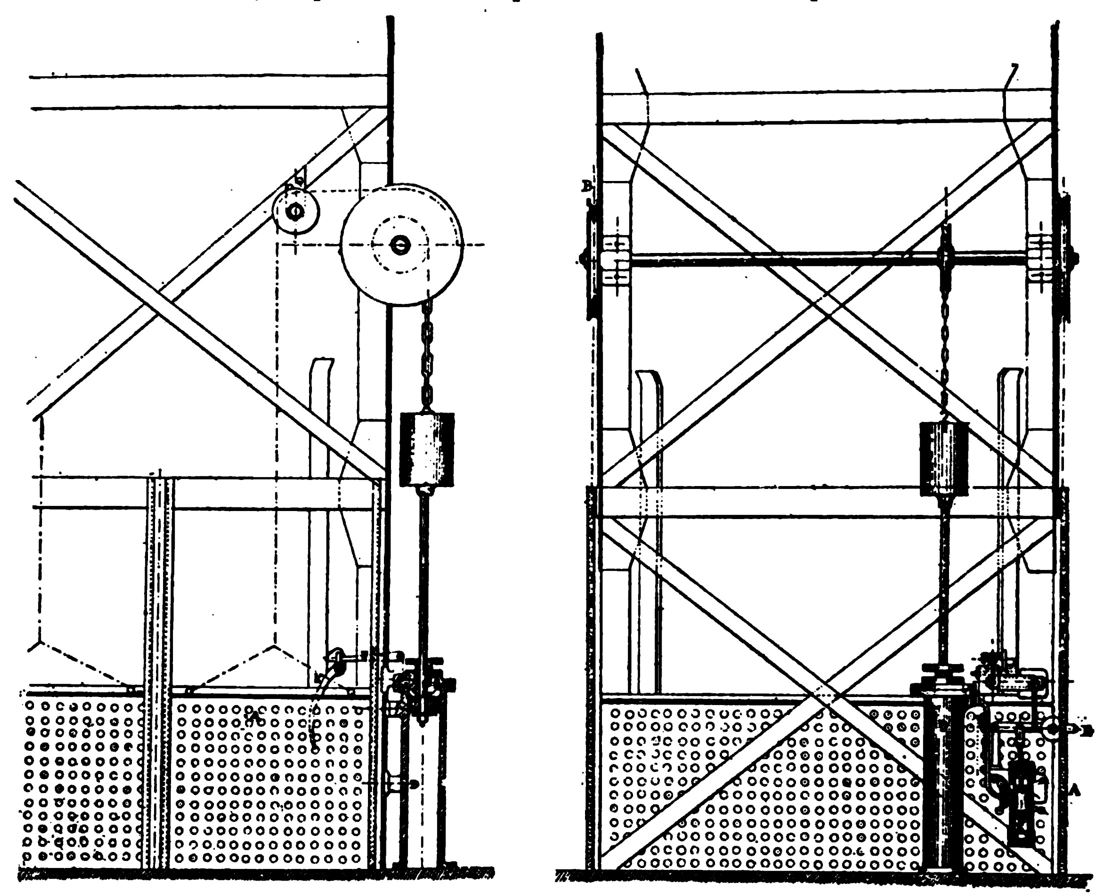


Vue en plan.

le puits, soit qu'elle s'élève dans le chevalement, les barrières retombent.

A cet effet, les deux barrières A (voir fig. 27) formées de panneaux en tôle perforée coulissant dans des glissières verticales, sont reliées à l'aide de châssis et poulies à un cylindre à air comprimé D, à simple effet, dont le distributeur est tenu normalement abaissé par un levier à contrepoids B, placé à la portée du receveur. Dans cette position, la lumière est à l'échappement et les barrières sont fermées; pour les ouvrir, il suffit au receveur de soulever le levier; mais, en même temps, une languette à talon F, reliée au levier par des renvois articulés, vient accrocher un talon inverse fixé au moyen d'une came en épicycle K très rapprochée du passage de la cage.

Si la cage est à la recette, le receveur peut abandonner le levier. Celui-ci, en effet, ne peut s'abaisser qu'en relevant la came qui se trouve



Vue de face. *Fig. 27.* — Barrières de Montrambert. Vue de profil.

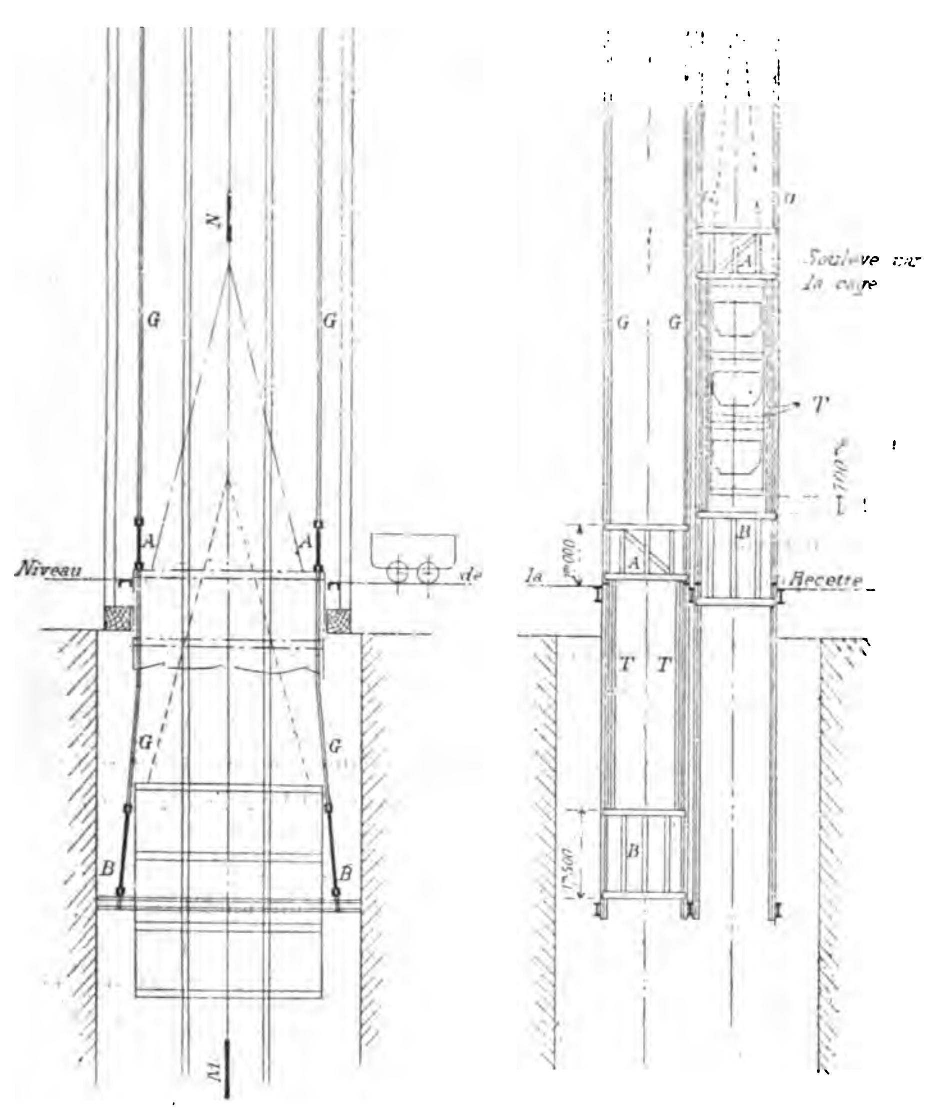
arrêtée par un montant de la cage. Mais, que la cage disparaisse, aussitôt la came soulevée se décroche et retombe, laissant le distributeur redescendre, et avec lui les barrières. Ainsi, la levée des barrières exige l'intervention du receveur ; leur descente est automatique.

Des dispositions sont prises pour régler la rapidité des mouvements ; un robinet d'arrêt permet d'immobiliser les barrières, lorsqu'elles doivent être laissées sans surveillance. Les barrières fermées laissent le libre passage à la cage dans les deux sens.

Barrières de sûreté automatiques pour recettes du jour, système Warocqué. — M. Warocqué présentait, dans l'exposition des charbonnages de Mariemont et de Bascoup, un modèle au 1/10 des barrières de

sûreté de son système, appliquées à la recette du jour d'un puits d'extraction.

Le dispositif se compose de deux barrières A et B reliées par des tringles T, articulées pour donner la flexibilité nécessaire à l'ensemble.



Coupe par l'axe du puits. Coupe par MN.

Fig. 28. — Barrières de sûreté, système Warocqué.

La barrière A barre l'orifice du puits : elle est soulevée par la cage montante arrivant au jour, et elle entraîne la barrière B qui vient masquer à son tour l'orifice du puits, si la cage monte trop, et

empêcher la chute des ouvriers ou du matériel en cas de fausse manœuvre. Il suffit qu'un wagonnet ne puisse passer entre la cage et la barrière B, ou entre celle-ci et les taquets, pour que le barrage soit efficace. En donnant à ces distances une dimension plus faible que la hauteur d'un chariot, on obtient la hauteur maxima à laquelle peut monter la cage au-dessus des taquets pour assurer la sécurité.

Dans le cas du modèle, les chariots ont $0^m,80$ de hauteur et la barrière B, $1^m,50$; en admettant pour les vides 70 cm, on arrive à une hauteur de sécurité de $2^m,90$, suffisante en pratique comme latitude donnée au mécanicien pour la manœuvre des cages. On peut d'ailleurs l'augmenter en donnant plus de hauteur à la barrière B.

Celle-ci doit laisser le passage libre pour les cages quand elle est rentrée dans le puits ; pour obtenir ce résultat, les guides G sont infléchis afin d'assurer une distance suffisante au moment du passage des cages. Ces guides sont des rails, ou des barres de tout autre profil, permettant une prise suffisante aux mains de guidage ouvertes, fixées sur les barrières A et B.

L'emploi de ces barrières est particulièrement recommandable quand le déchargement des cages commence par l'étage inférieur, comme cela se pratique avec les taquets à effacement, système Stauss, Reumaux, etc.

Un moment d'inattention du mécanicien, alors que la cage sort complètement du puits, laisse dans ce cas l'orifice découvert et peut occasionner la chute dans le puits, d'un wagonnet plein, si les clichettes de la cage ont été relevées trop tôt, ou même d'un wagonnet vide et d'un encageur, si la manœuvre de chargement est trop précipitée.

Encagement automatique des berlines aux recettes intérieures. — La Compagnie des Mines de Dourges a exposé un modèle réduit des galeries, aux abords des puits d'extraction de la fosse Boisgelin, avec l'accrochage de la recette 277 où l'on pouvait voir, en miniature, la disposition adoptée pour l'encagement automatique des berlines.

Cet encagement est obtenu au moyen d'un système de verrous qui, abaissés par la cage, permettent aux berlines pleines placées en avant du puits, sur des roulages en pente, de se placer dans la cage en poussant les berlines vides ; l'encagement et le décagement sont aussi assurés avec économie et rapidité.

L'ensemble, reproduit sur le croquis ci-joint, comprend un arbre *a*, autour duquel un levier *b* peut osciller d'un certain angle. A une extré-

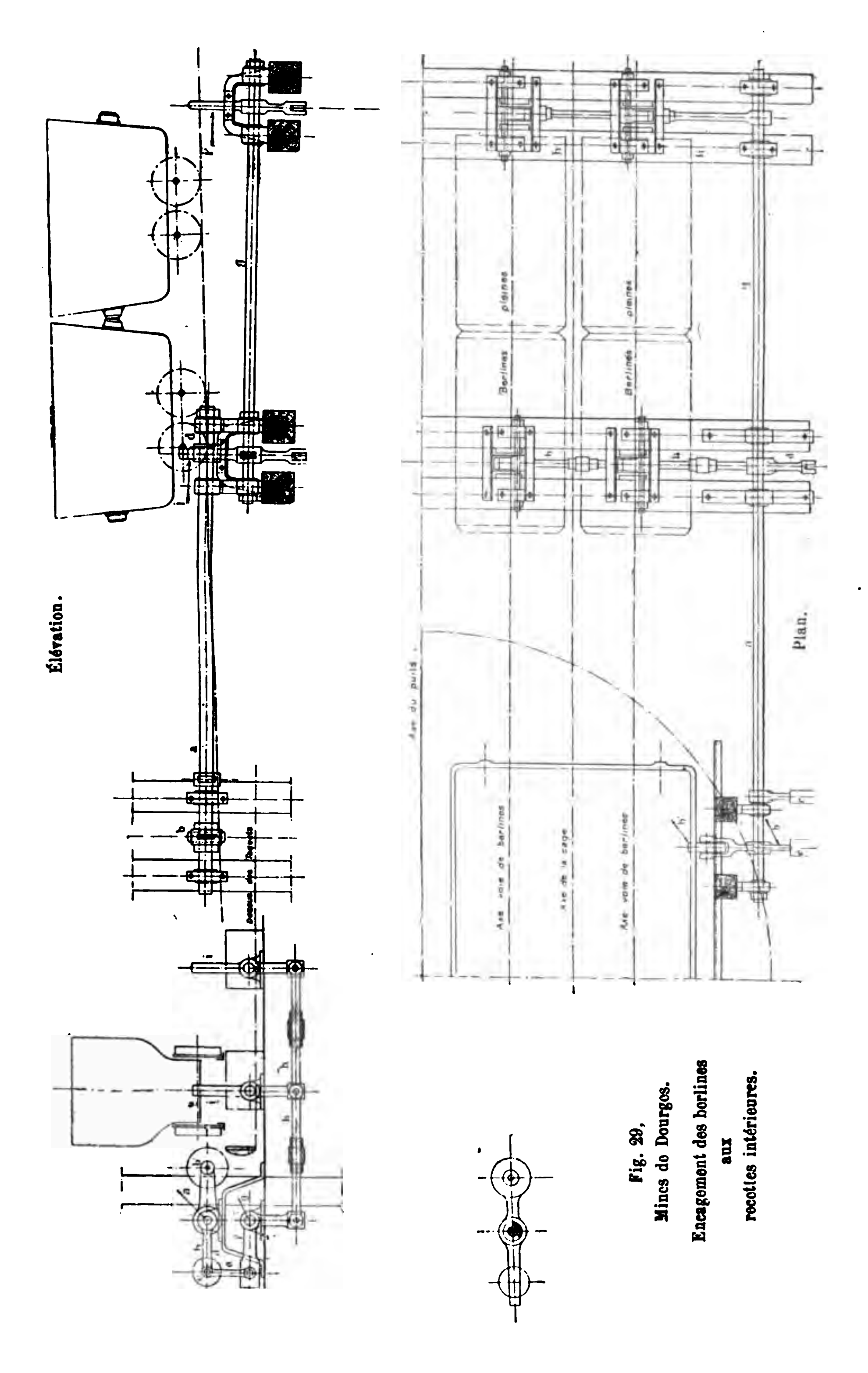


Fig. 29,
Mines de Dourges.
Encagement des berlines
aux
recettes intérieures.

mité, du côté du puits, ce levier porte dans une fourche un galet *b'* et à l'autre extrémité un contrepoids *c*. Sur l'arbre *a*, est calé un deuxième levier *d*, articulé par la bielle *e* à un autre levier *f* calé lui-même sur un arbre *g*. Sur celui-ci, deux leviers sont réunis par les bielles *h* à des verrous *i* et *i'*.

Avant que la cage vienne se poser sur les taquets hydrauliques, l'ensemble du dispositif occupe la position indiquée au croquis. Dès que le châssis inférieur de la cage arrive en contact avec le galet *b'*, le levier *b* oscille et fait tourner d'un certain angle l'arbre *a* qui actionne le système de leviers décrit précédemment.

Pendant cette manœuvre, les deux verrous *i* s'effacent et quatre berlines peuvent se diriger par la gravité vers la cage ; en même temps, les deux verrous *i'*, qui avaient une position primitive inclinée, se sont placés verticalement et ont retenu les berlines, placées en arrière des quatre premières, afin qu'elles ne puissent pas avancer vers le puits.

Dès que le galet a échappé le châssis de la cage, le levier *b* est ramené dans sa position horizontale par le contrepoids, les verrous *i* et *i'* se remettent dans leur première position et quatre nouvelles berlines peuvent s'écluser, c'est-à-dire se placer entre les verrous d'arrêt *i* et *i'*.

Si, pour une raison quelconque, on préfère éviter la manœuvre automatique des verrous d'arrêt par les cages, il suffit de supprimer le galet *b'*. La cage n'exercera plus d'action sur l'ensemble du système et les manœuvres d'encagement seront exécutées à la main par un levier calé sur l'arbre *a*.

CHAPITRE V

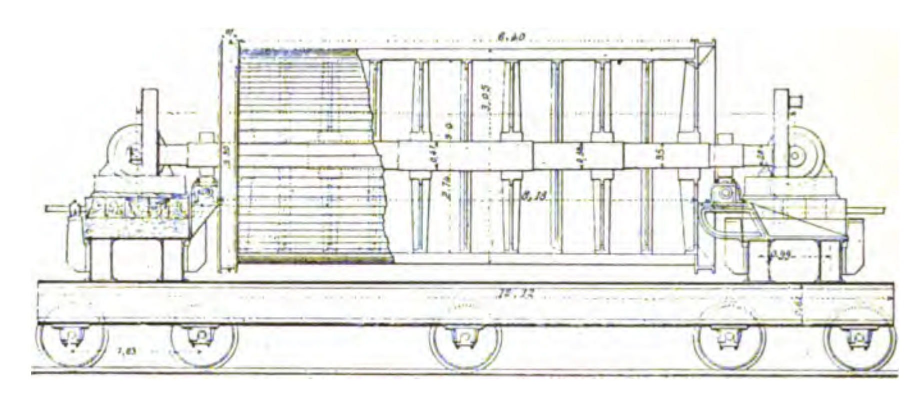
EXTRACTION

Extraction à grande profondeur. — Au Congrès international des Mines et de la Métallurgie, M. Poussigue a présenté, sur l'exploitation des mines à grande profondeur, un rapport très documenté, dans lequel l'examen des procédés d'extraction occupe la partie la plus importante. On trouvera dans cette brochure, après un exposé des moyens susceptibles d'assurer le montage du charbon dans de bonnes conditions, une étude sur les câbles en général et une relation des différents systèmes adoptés dans un certain nombre de mines, ou simplement préconisés, pour remédier aux inconvénients qui résultent de l'emploi des tambours et des câbles métalliques ronds.

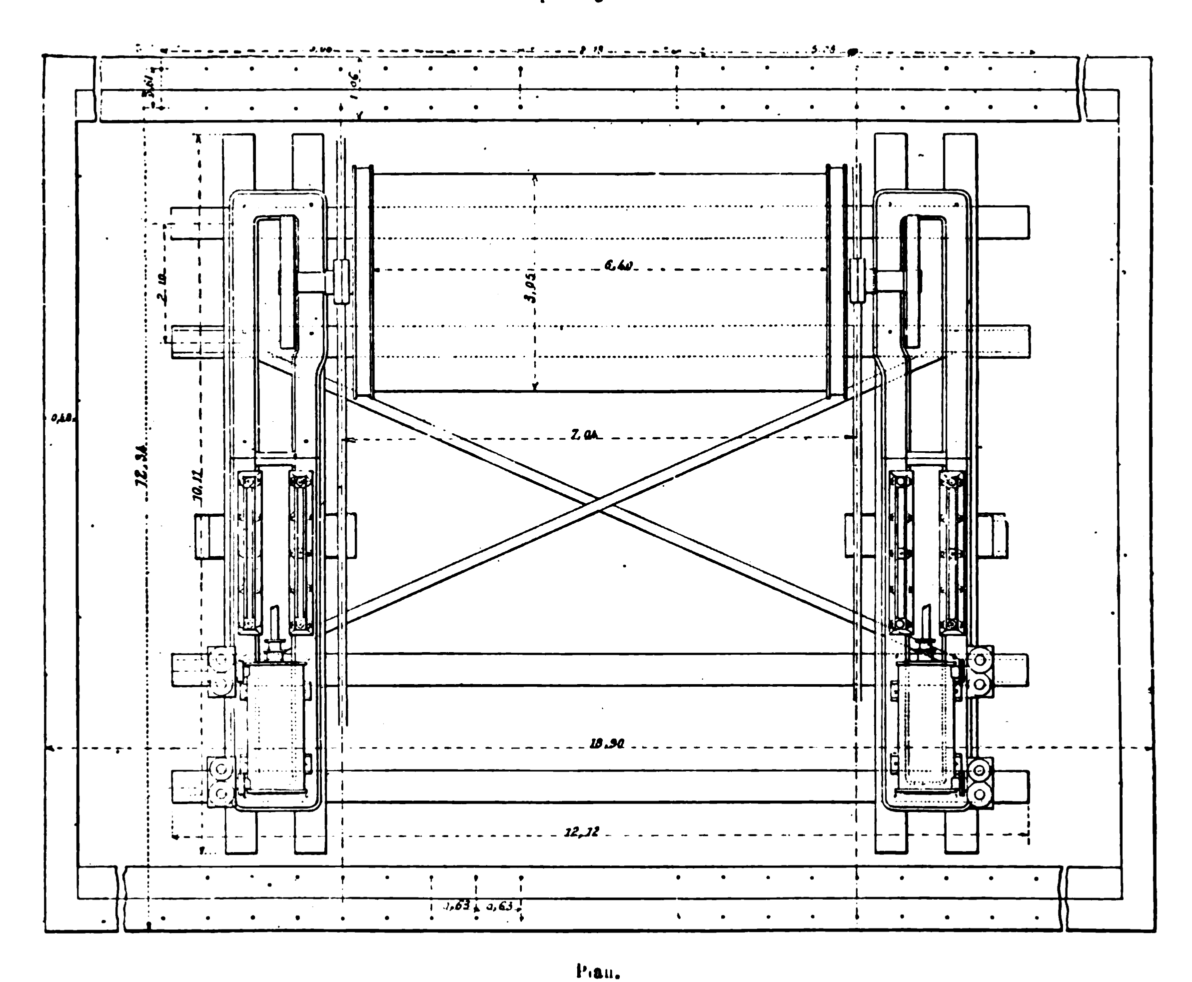
L'extraction dans les puits profonds entraîne des longueurs de câbles importantes et, par suite, des tambours d'une longueur et d'un diamètre très grands ; de plus, la juxtaposition des tours de câble sur les tambours, oblige à éloigner la machine à une distance considérable du puits, afin de diminuer l'obliquité des brins qui se dirigent vers les molettes.

Aux nombreux systèmes mentionnés par M. Poussigue, il convient d'ajouter la disposition originale imaginée par M. Williams Morgan, pour la machine d'extraction des mines de Dolcoath, afin d'éviter les difficultés précédentes. Un modèle au 1/6, de cette machine, figurait dans l'exposition de MM. Holman frères, de Camborne, section anglaise de la classe 63, et l'ensemble fonctionnait au moyen de l'air comprimé.

Le tambour, de petit diamètre, est actionné par une machine légère tournant assez rapidement et on peut déplacer tout l'appareil parallèlement à l'axe du tambour, au fur et à mesure de l'enroulement et du déroulement des câbles (fig. 30 et 31). Pour obtenir ce résultat, la machine à vapeur horizontale, à deux cylindres, et le tambour directement commandé par elle, sont montés sur un châssis métallique, porté par dix paires de roues se déplaçant sur deux voies dont les axes sont parallèles à celui du tambour. L'arbre du tambour



Coupe longitudinale.



Plan.

Fig. 30. — Machine d'extraction mobile, système Morgan, des Mines de Dolcoath.

agit, par vis sans fin et pignons, sur les engrenages des crémaillères fixes parallèles aux rails, de sorte que le déplacement de tout l'appareil est commandé par la rotation même du tambour.

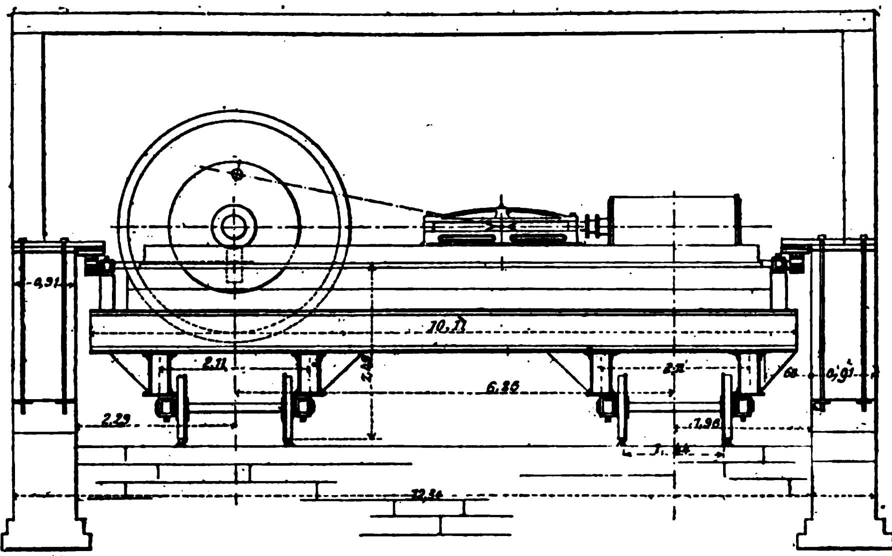


Fig. 31. — Machine d'extraction mobile, système Morgan. — Coupe transversale.

Les cylindres de la machine ont 610 mm. de diamètre pour 1^{m},525 de course des pistons ; le tambour a 3^{m},05 de diamètre et 6^{m},40 de longueur ; ces dimensions sont calculées pour obtenir l'enroulement total du câble de la cage montante, pendant la durée de l'ascension qui correspond au déplacement complet de la machine dans un sens. Les câbles, de 140 mm. de circonférence, pèsent 7 kg. le mètre courant ; ils reçoivent les cages, d'un poids total de 6750 kg., dont 3000 kg. de charge utile. Le châssis portant l'appareil a 10^{m},06 de longueur, dans le sens de l'axe de la machine à vapeur, et 12^{m},10 dans le sens de l'axe du tambour ; le déplacement de cette partie mobile, du poids de 150 t, absorbe 5 chevaux.

Le puits a 915 m. de profondeur et l'ascension des cages se fait en deux minutes ; en comptant une demi-minute pour la manœuvre des wagonnets, on arrive à une extraction de 72 t. à l'heure.

Le déplacement de la machine motrice par rapport aux générateurs de vapeur, nécessitait l'application d'une conduite articulée ; la question a été heureusement résolue par l'emploi de tuyaux munis de cols de cygne.

Machine d'extraction de Bruay. — La Compagnie des Mines de Bruay présentait, dans son installation d'ensemble de la fosse n° 5, le

modèle réduit d'une machine d'extraction à deux cylindres installée

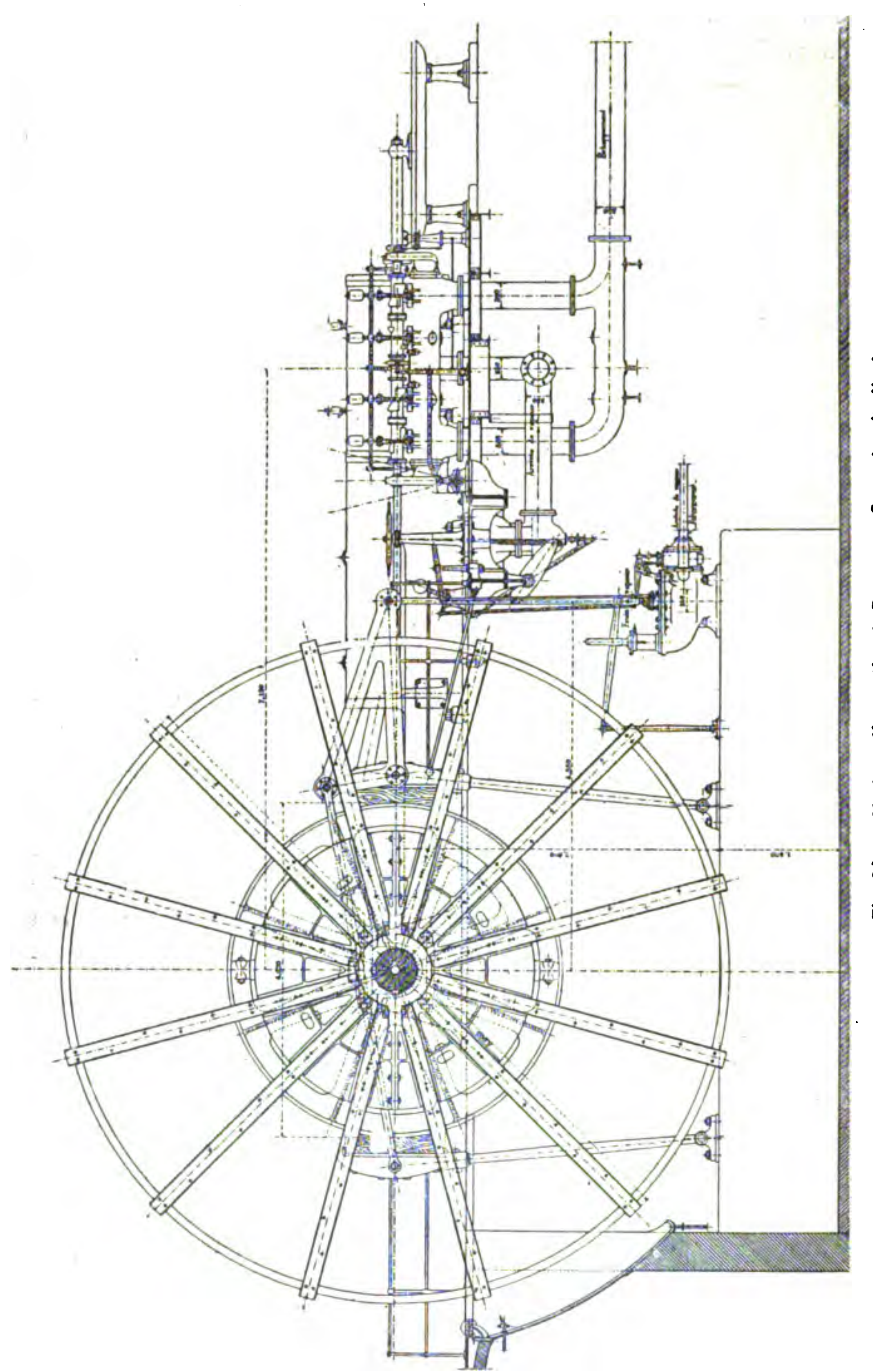


Fig. 3[illegible]. — Machine d'extraction de Bruay. — Coupe longitudinale.

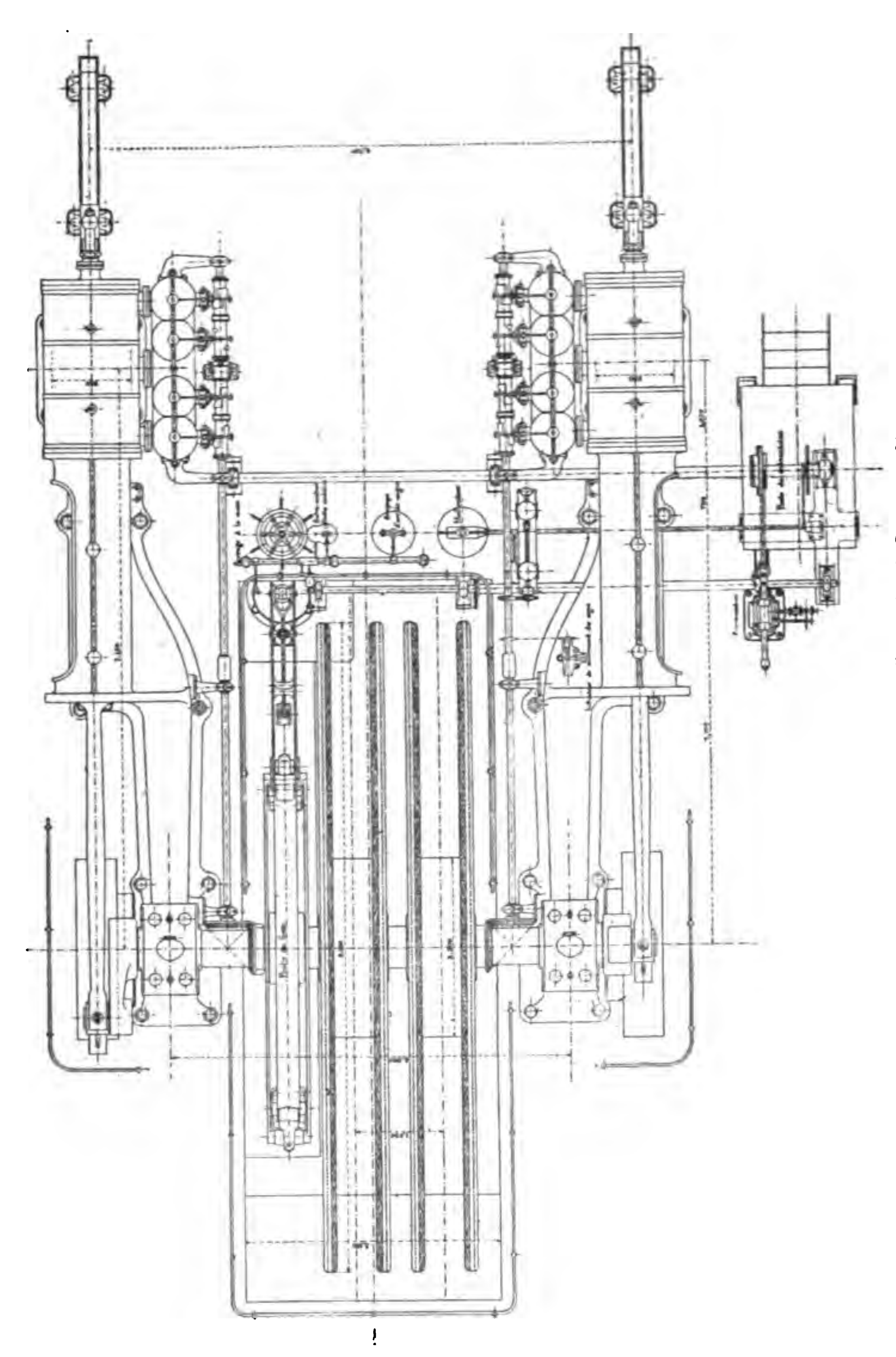


Fig. 33. — Machine d'extraction de Bruay. — Plan.

récemment. Nous reproduisons, dans les deux dessins (fig. 32 et 33), la disposition générale de cette machine, dont les caractéristiques sont :

Diamètre des cylindres à vapeur	950 mm
Course des pistons	1m,700
Diamètre de l'arbre moteur aux portées des coussinets . .	400 mm
Longueur des portées des coussinets.	800 mm
Diamètre de l'arbre moteur au calage des bobines. . . .	530 mm
Diamètre des tourteaux de bobine	2m,20
Diamètre au bout des bras de bobine.	8m,00
Diamètre de la poulie de frein au contact des sabots. . .	4m,00
Diamètre du cylindre du frein.	550 mm
Rapport des leviers du frein	1 à 2,5
Diamètre des soupapes d'admission	250 mm
Diamètre des soupapes d'échappement	300 mm
Distance d'axe en axe des deux côtés de la machine . . .	6m,700
Pression normale de marche	6 kg.
id. aux générateurs	8 kg.

La distribution est obtenue au moyen de soupapes, commandées par cames du système Kraft-Audemar. Nous reproduisons ci-dessous quatre séries de courbes prises à l'indicateur Richard, tant sur le cylindre de droite que sur celui de gauche.

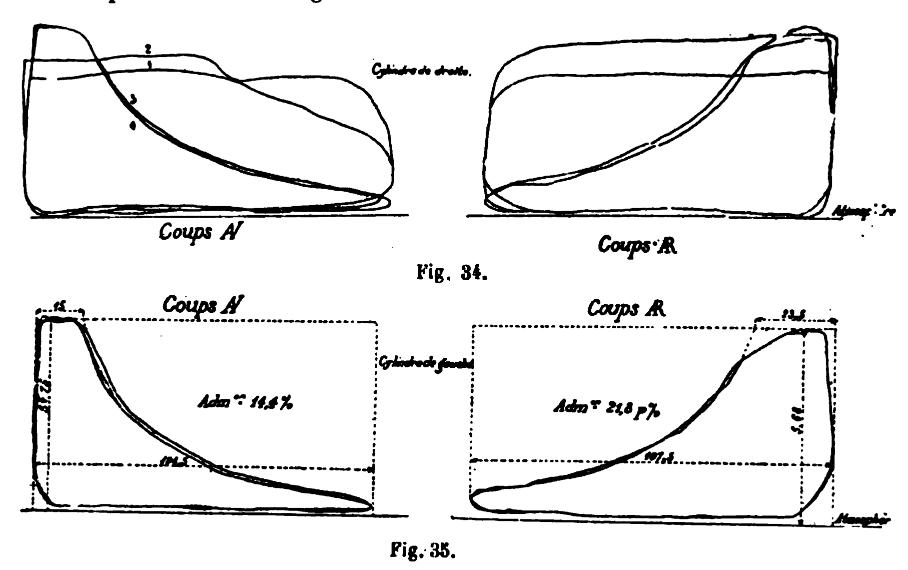


Fig. 34.

Fig. 35.

Sur les deux premiers diagrammes, se trouvent enregistrées les courbes de pression correspondant aux quatre premiers tours de la machine ; ces diagrammes montrent que, dès le troisième tour, la machine prend une allure normale avec mise en détente bien franche. Sur les deux derniers diagrammes, les diverses phases de la distribution s'affirment bien

nettement et le réglage de cette distribution se montre satisfaisant. Les courbes ont été relevées en pleine marche, la cage montante partant de l'accrochage 222, avec sa charge, et se déplaçant dans le puits à la vitesse moyenne de 8^m,62 par seconde.

Le poste de manœuvre est placé en dehors des cylindres ; il est légèrement surélevé, afin que le mécanicien puisse voir nettement les recettes à desservir et soit à l'abri des accidents qui peuvent se produire en cas de rupture des câbles. Le mécanicien a trois leviers à sa disposition : le premier, monté sur l'arrivée de vapeur, commande le modérateur ; le second actionne le changement de marche et le troisième est réservé au fonctionnement du frein à vapeur.

Le levier de changement de marche attaque les arbres à cames par l'intermédiaire d'un servo-moteur, ce qui rend les manœuvres très douces. Le servo-moteur, du type Stapfer et Duclos, est modérable par un frein à friction qui assure la stabilité aux positions intermédiaires, de façon à permettre la marche normale en détente pendant l'extraction.

L'arbre moteur a été foré de bout en bout, suivant son axe, d'un trou de 100 mm. pour obtenir une carotte-témoin de 50 mm. de diamètre, prise d'un seul morceau sur toute la longueur de l'arbre. Cette carotte a permis de s'assurer que le cœur de l'arbre était sain et indemne de défauts.

Quand les cages arrivent trop près des molettes, elles actionnent un sabre, enclenché avec un servo-moteur, qui coupe l'arrivée de la vapeur aux cylindres de la machine d'extraction, en même temps que se produit le serrage instantané des sabots de frein.

Le mécanicien suit facilement le mouvement des cages dans le puits, grâce à un indicateur-réducteur de marche imaginé par M. Bilhaut, chef d'atelier au siège n° 4, et complété par une sonnerie d'avertissement.

Les fondations de la machine d'extraction sont établies sur des pilotis de 0^m,33 de diamètre, fichés à travers les sables boulants de la surface, dans la craie marneuse rencontrée vers 10 m. de profondeur. La tête des pilotis est enchâssée, sur une hauteur de 0^m,50 environ, dans une table de béton armé, de façon à assurer une bonne répartition de la charge ; cette table ne mesure pas moins de 4 m. d'épaisseur.

Le béton est formé de caissons de briques rouges bien cuites, passés à l'anneau de 7 cm. et débarrassés des menus morceaux sur la claie de 15 mm ; le mortier a été dosé à raison de 600 kg. de Portland de la

Société des ciments français de Boulogne, marque Demarle Longuety, pour un mètre cube de sable. L'armature se compose d'un quadrillage de vieux rails de 30 kg. le mètre courant.

Le massif proprement dit mesure 8 m. de hauteur ; il est construit en maçonnerie de briques au mortier de ciment (Dosage : 1 000 kg. de Portland, par mètre cube de sable). Il est couronné par un glacis, fait en Portland et sable de porphyre ; ce glacis constitue, sous les bâtis, une pierre artificielle de $0^m,50$ d'épaisseur.

Des ancrages très robustes complètent les précautions prises pour mettre, autant que possible, les fondations à l'abri des lézardes et des dénivellations dues aux mouvements du sol.

Les bobines de la machine sont disposées pour recevoir des câbles en aloès de Manille, à section décroissante depuis l'enlevage jusqu'à la patte. Le poids de chaque câble, pour 510 m. de longueur, est de 7 100 kilos.

Les cages d'extraction sont à quatre étages ; elles reçoivent deux berlines par étage ; construites en acier par M. Malissard-Taza, d'Anzin, elles pèsent chacune 4 320 kg.

Machine d'extraction à quatre cylindres d'Anzin. — A côté d'une réduction de l'humble manège à deux chevaux installé en 1800 à l'une de ses premières fosses, la Compagnie des mines d'Anzin présentait, au pavillon de l'exposition minière souterraine du Trocadéro, une machine d'extraction, capable de développer une puissance de 3 000 chevaux, et construite pour utiliser la vapeur à haute pression, avec double expansion, au moyen de quatre cylindres disposés deux à deux en tandem.

Les deux petits cylindres reçoivent la vapeur des chaudières, timbrées à 10 kg. ; dans ces cylindres à haute pression, la vapeur se détend une première fois et s'échappe vers un réservoir intermédiaire à la pression de 3 kg. environ ; du réservoir, elle passe aux deux grands cylindres à basse pression, où elle subit une seconde détente avant d'être envoyée au condenseur.

L'admission de la vapeur dans les petits cylindres est obtenue par une soupape d'introduction ; une soupape semblable est intercalée entre les grands cylindres et le réservoir intermédiaire; toutes deux sont manœuvrées par le même levier, de sorte que les effets de la vapeur sur les pistons des quatre cylindres sont connexes et simultanés. De même, le régulateur à force centrifuge qui produit la détente dès que la machine a atteint sa vitesse de régime, agit simultanément sur la distribution des

grands cylindres comme sur celle des petits ; la détente s'opère donc dans les cylindres à haute pression et dans les cylindres à basse pression.

De cette manière, quand la machine fonctionne à faible vitesse, à l'arrivée de la cage au jour par exemple, le mécanicien peut admettre la vapeur dans tous les cylindres pendant la presque totalité de la course ; il en résulte de très grandes facilités pour l'exécution des manœuvres.

Cette machine doit être installée à la nouvelle fosse d'Arenberg, pour extraire de 750 m. de profondeur, à chaque voyage, douze berlines contenant ensemble 7 t. environ de charbon. Elle a été construite sur les indications de la compagnie d'Anzin, par MM. Dubois et Ce, constructeurs à Anzin; elle comporte un ensemble de perfectionnements et réalise une puissance qu'on n'a pas encore atteint dans une exploitation minière.

Machine d'extraction de Montrambert. — La Société des mines de Montrambert et de la Béraudière exposait les plans du siège d'extraction du puits Saint-Dominique : chevalement, guidages, etc., et ceux d'une machine d'extraction qui mérite quelque attention.

Le puits Saint-Dominique ayant perdu sa verticalité primitive, a dû être redressé pendant l'année 1899 et on a commencé à renouveler en même temps toutes ses installations extérieures, en augmentant leur puissance, sans apporter de modifications sensibles dans le nouveau matériel. Mais la machine d'extraction a été combinée sur des indications particulières de la Société de Montrambert.

Cette machine, du type horizontal, fonctionnera sous une pression de vapeur de 8 kg. La charge utile étant de 3000 kg. et la vitesse 15 m. par seconde, on a adopté pour les cylindres 800 mm. de diamètre et $1^{m},600$ de course. A la vitesse de 60 tours par minute, elle développera un travail utile de 600 chevaux, pour une extraction à la profondeur de 550 m ; l'échappement se fera à l'air libre.

La distribution est opérée par des soupapes Collmann, à amortisseur de chute, commandées par le système de changement de marche Marschall; la détente est réglée par un déclic solidaire d'un régulateur à force centrifuge (fig. 36 et 37). La nécessité d'avoir une grande précision dans les manœuvres de recette a conduit à donner une soupape d'admission à chaque cylindre, afin de réduire autant que possible l'espace nuisible. Ces deux soupapes, manœuvrées simultanément, s'ouvrent très lentement, au début de la levée, et rapidement à la fin.

En outre, comme on aura très souvent à descendre des remblais, on s'est préoccupé de régulariser cette descente en donnant au mécanicien la faculté de maintenir, à l'aide d'excentriques, les soupapes d'échappement éloignées de leurs sièges d'une quantité variable, de façon à pouvoir modérer la vitesse en agissant par étranglement sur l'air expulsé, le levier de changement de marche étant à contre-vapeur et l'admission fermée.

Le même principe est déjà appliqué avec succès à d'anciennes machines, à l'aide de robinets de décharge.

La machine est munie d'un évite-molettes Reumaux et d'un frein à mâchoires avec double commande, volontaire ou automatique. Une différence est toutefois à signaler dans la roue du frein : cette roue est au milieu de l'arbre, et comme l'espace fait défaut entre les bobines, on l'a composée de deux moitiés venues de fonte avec le moyeu de la bobine voisine. Entre les deux, il règne un intervalle pour le passage de brimbales.

La principale originalité de cette machine est dans le procédé employé pour la mettre à l'abri des déformations que les mouvements du sol risquent d'apporter dans ses assemblages, source d'ennuis dont la Société de Montrambert a eu souvent à pâtir. On s'est donc proposé d'en faire en quelque sorte un monolithe, et à cet effet on a remplacé les massifs de béton de ciment habituels, par une robuste charpente en fer composée de deux caissons longitudinaux en treillis supportant les bâtis et supportés eux-mêmes par un caisson transversal, au droit de l'intervalle compris entre les cylindres et les bobines. Ce dernier caisson repose sur un lit de sable, pendant que l'avant des caissons longitudinaux s'appuie sur une murette, par l'intermédiaire de cales amovibles. (Voir *pl. hors texte*) Si un mouvement de terrain se produit, la machine se déplacera tout d'une pièce et il sera facile de la ramener à sa position primitive.

L'augmentation de poids n'est pas très importante et on obtient, outre l'avantage de la rigidité, celui d'une grande facilité d'accès et d'un excellent éclairage pour les organes placés en dessous du plancher de la machine.

L'exécution de cette installation, étudiée de concert avec les Ingénieurs de Montrambert, a été confiée à MM. Biétrix, Leflaive, Nicolet et Ce, de Saint-Etienne; la machine sera prête à fonctionner au commencement de **1901**.

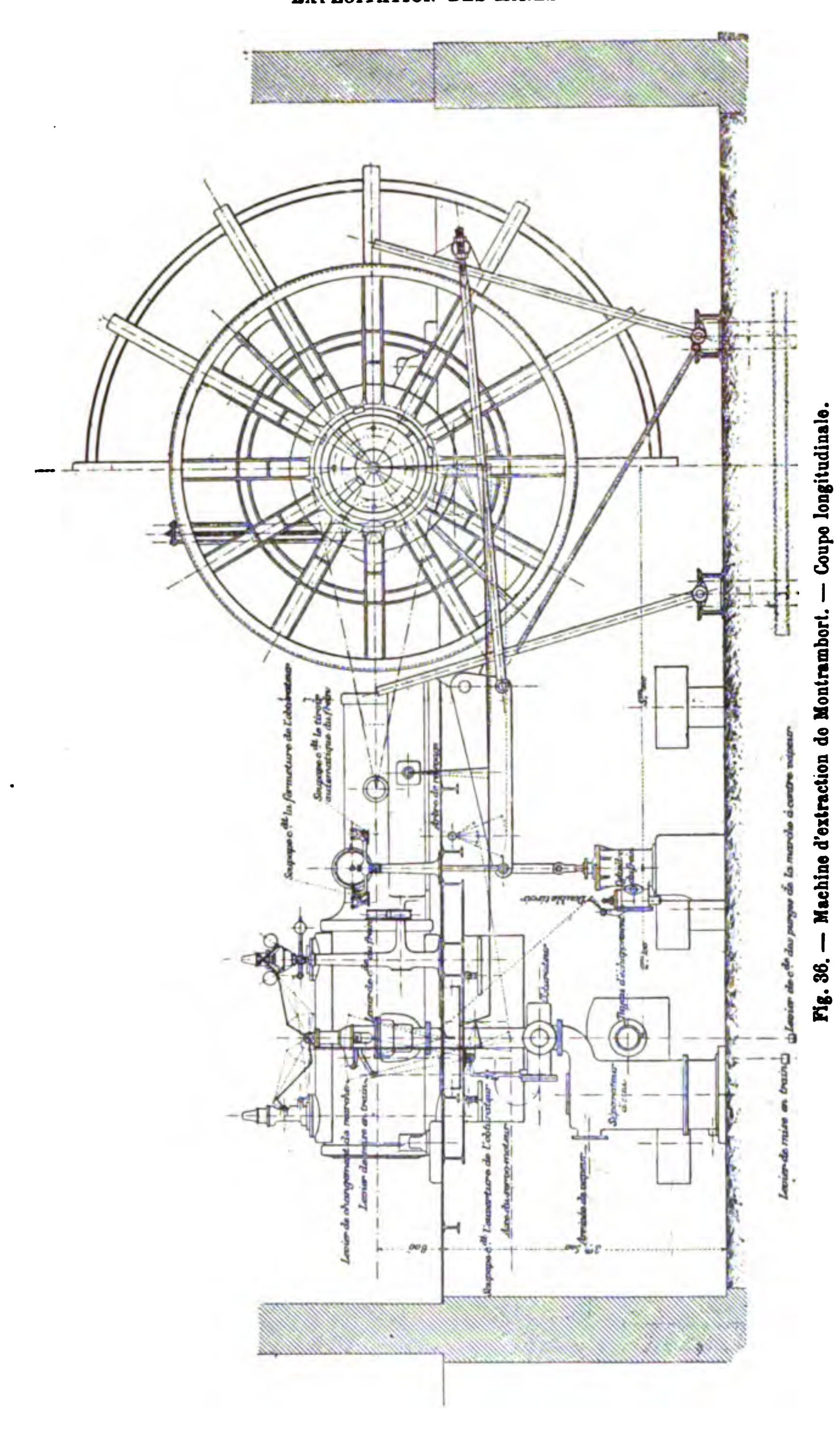


Fig. 36. — Machine d'extraction de Montrambert. — Coupe longitudinale.

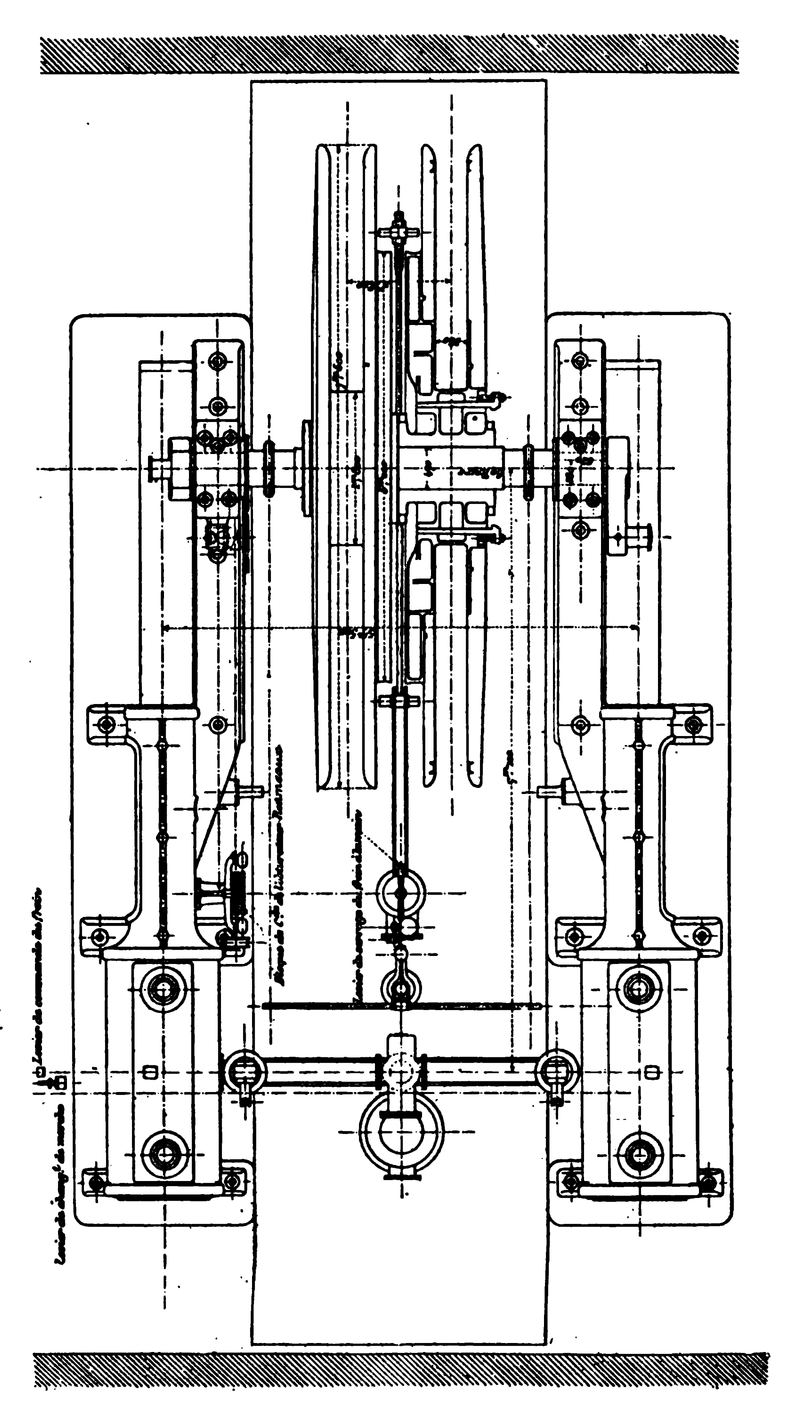


Fig. 37. — Machine d'extraction de Montrambort. — Plan.

Tambour cylindrique de Blanzy pour machines d'extraction. — La substitution des câbles métalliques ronds aux câbles plats produisant à Montceau-les-Mines une économie très importante, la Société des Mines de Blanzy a été conduite à étudier un tambour cylindrique, à rayons tangents et à réglage différentiel, dont elle exposait un modèle demi-grandeur.

Ce tambour, qui doit être aussi léger que possible et permettre un réglage très précis des câbles, a 5 m. de diamètre ; il pèse 6 352 kg. tandis que ceux en service, de même diamètre, pèsent 8 846 kg.

Il se compose essentiellement :

1° D'un moyeu, percé à la périphérie d'une série de trous coniques pour le passage des boulons d'assemblage ; ce moyeu est calé sur l'arbre et constitue la « partie fixe ».

2° De deux couronnes qui tournent folles sur le moyeu ; l'assemblage des couronnes folles avec le moyeu se fait au moyen de trois boulons coniques. Les couronnes portent deux séries d'oreilles pour l'attache des bras.

3° De 64 bras réunissant les couronnes folles à la jante ; ces bras sont tangents au moyeu, et comme le tambour doit tourner tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, il y a comme dans les roues de bicyclette, la moitié des bras tangents dans un sens et l'autre moitié tangents dans l'autre.

Les extrémités des bras qui viennent se fixer au moyeu, se terminent chacune par une tête ronde, qui s'applique derrière l'oreille support ; il résulte de ce mode d'attache, que les bras ne peuvent travailler qu'à la traction et jamais à la compression, ni à la flexion. Ces bras sont en deux parties, réunies par un écrou à double filet pour en régler la tension.

Pour obtenir le réglage des câbles avec une grande approximation, la partie folle porte 20 trous équidistants, dont les axes se trouvent sur une circonférence de $1^{m},200$ de diamètre ; la distance entre deux trous consécutifs est donc : $D = 188^{mm},5$. Sur la partie fixe, il y a trois groupes de six trous distants l'un de l'autre de : $D' = 220$ mm. La différence entre les écartements : $d = D' - D = 31^{mm},5$.

On a ainsi un véritable vernier permettant d'obtenir une coïncidence entre les trous à moins de $31^{mm},5$, et comme le rayon du tambour est à celui de la circonférence où se trouvent les axes des trous, dans le rapport de 25 à 6, on pourra toujours régler les câbles à moins de $31,5 \times \frac{25}{6} = 131$ mm.

Cette différence est excessivement petite ; dans les anciens tambours, elle variait entre 500 et 1000 mm.

Au lieu de mettre les six trous d'un même groupe de la partie fixe l'un au bout de l'autre, sur la circonférence où ils doivent se trouver, on a préféré les réunir sur un axe moindre, en les disposant de telle façon qu'une coïncidence étant obtenue, les autres trous se trouvent à des distances d, 2 d,... 5 d, des trous de la partie folle, comme cela a lieu dans le vernier. On facilite ainsi la recherche des trous qui se rapprochent le plus de la coïncidence.

Nous n'insisterons pas sur les calculs de résistance et la discussion du groupement des trous ; le *Bulletin* de la Société de l'Industrie minérale du mois de décembre 1898 donne à ce sujet les renseignements nécessaires.

Un tambour cylindrique est en service au puits Saint-Amédée, depuis 1897, et la Société des mines de Blanzy a eu lieu d'être satisfaite de son installation.

Evite-molettes Reumaux. — La Société des Mines de Lens exposait une réduction demi-grandeur des dispositifs de M. Reumaux, complétés et adaptés aux machines d'extraction de Lens, par M. Naissant, inspecteur principal des machines et du matériel de la Société. Ce modèle permettait de se rendre compte du détail intérieur des appareils et d'en saisir tout le fonctionnement.

L'évite-molettes Reumaux est trop connu par les nombreuses applications qui en ont été faites depuis plus de dix ans, pour que nous donnions à nouveau la description des organes qui le composent. Mais nous devons signaler le dispositif additionnel qui le complète et permet d'obtenir l'arrêt de la machine d'extraction, même en cas de moments négatifs.

Pour atteindre ce but, le grand piston de l'obturateur porte, en prolongement, une tige cylindrique qui se meut dans un cylindre de même diamètre et qui est terminée par un clapet conique en bronze. (Voir fig. 38.)

L'extrémité du cylindre est munie d'une tubulure qui reçoit un tuyau communiquant avec la conduite générale de vapeur avant l'obturateur; en oûtre, le fond du cylindre est mis en communication avec le dessous du piston du frein à vapeur, au moyen d'un second tuyau de faible section.

Quand l'obturateur est dans la position d'ouverture, le clapet ferme

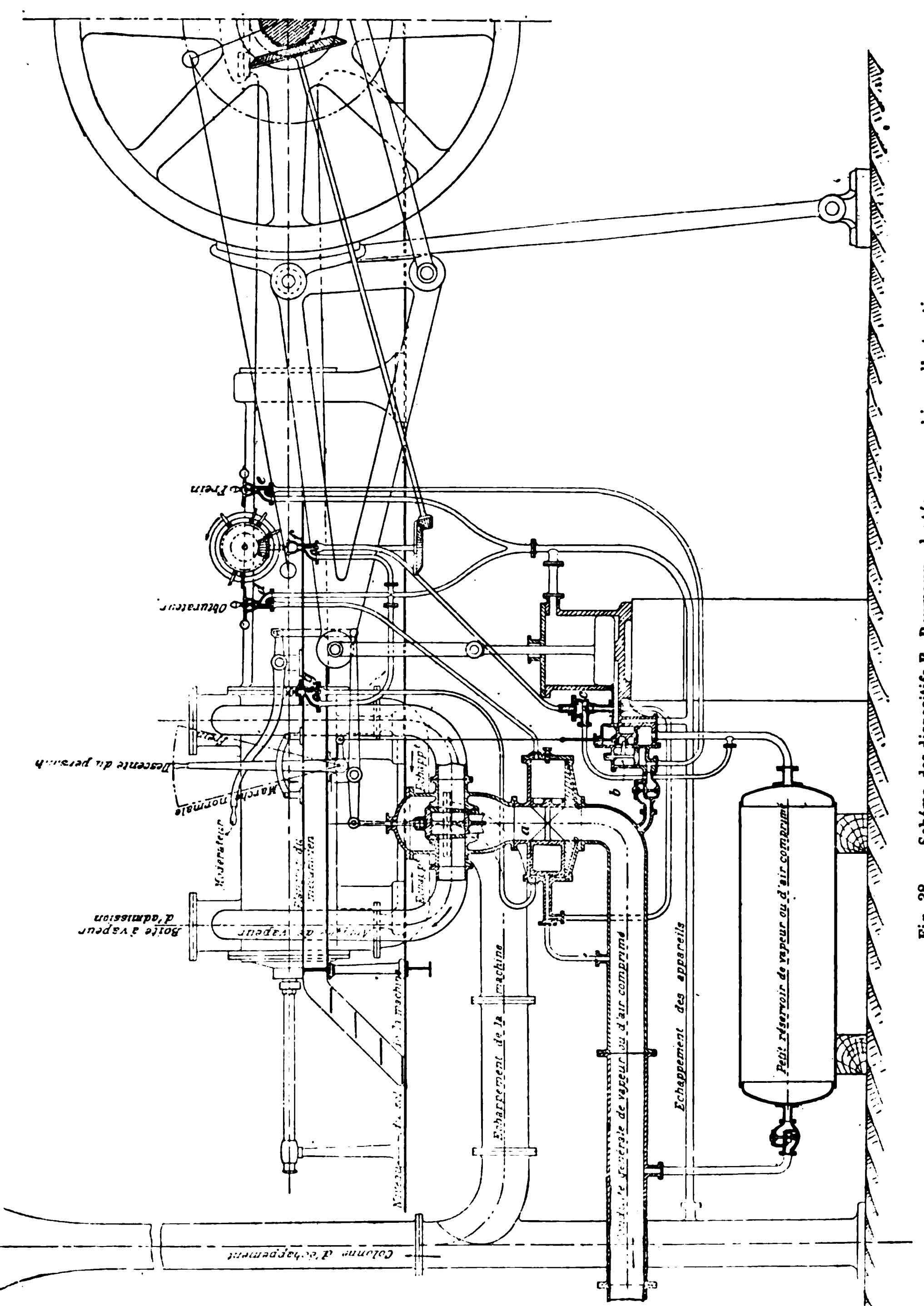


Fig. 38. — Schéma des dispositifs E. Roumaux adaptés aux machines d'extraction.

la communication avec le frein. Mais, si l'obturateur est fermé, le clapet rappelé avec les pistons, laisse libre le passage de la vapeur qui va ainsi directement de la conduite générale jusqu'au cylindre du frein.

Ordinairement, le machiniste rappelle de suite l'obturateur, et alors la quantité de vapeur introduite dans le frein est trop petite pour que le serrage se produise ; mais si le machiniste néglige de rappeler l'obturateur, la vapeur s'introduit progressivement dans le frein, qui agit avec une intensité graduellement croissante et finit par serrer à fond en arrêtant complètement la machine.

Pour que ce résultat puisse être obtenu, il faut que le tiroir du frein isole le cylindre de la boite à vapeur ; à cet effet, on place, en marche normale, le levier de commande dans la position indiquée pour la descente du personnel.

Appareil double de sécurité et d'arrêt A. Foby. — La Compagnie des mines de Dourges exposait un modèle de l'appareil de sécurité et d'arrêt de M. A. Foby, ingénieur du matériel de cette compagnie.

Cet appareil, installé depuis quelques mois à la fosse n° 7, a donné d'excellents résultats. Il se compose d'un réservoir A et de deux cylindres B et C, dont les diamètres sont différents ; les pistons de ces cylindres sont montés sur une tige commune dont l'une des extrémités commande les leviers D, D'. Au levier D' est suspendu un contrepoids E, reposant sur des verrous F, que la cage efface, en cas de mise aux molettes, par l'intermédiaire des leviers G et H. Sur l'arbre I, sont calés d'autres leviers qui actionnent les obturateurs K et K' au moyen des bielles J.

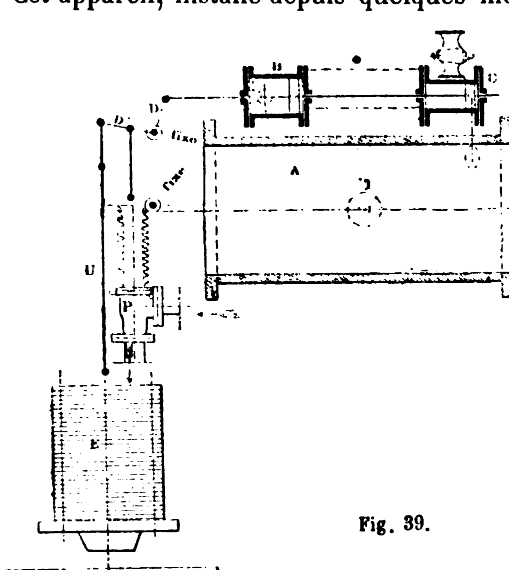


Fig. 39.

Fonctionnement. — L'air comprimé est admis dans le réservoir A ; en soulevant le clapet de retenue T, il établit une pression sur la

face arrière du petit piston par le tuyau T′ et le robinet ouvert S. La vapeur est admise sur la face avant du grand piston par le robinet R et s'écoule vers la boîte à vapeur du cylindre de frein par le robinet R′. En marche normale, le frein fonctionne donc à la vapeur; étant donné la différence de section des deux pistons, ceux-ci se maintiennent dans la position indiquée fig. 39; leurs diamètres sont tels qu'en supposant l'air comprimé à sa pression maximum et la vapeur à une pression minimum, cette position est assurée. L'obturateur K qui fait communiquer la face arrière du grand piston avec le réservoir, est fermé; l'obturateur K′, qui met en relation la face avant du petit piston avec la partie inférieure du cylindre de frein, a une ouverture réglable à volonté par un écrou.

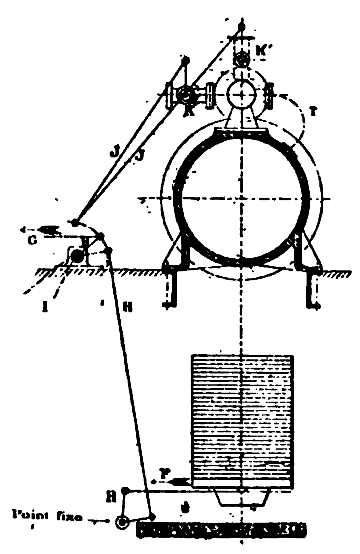


Fig. 40.

1er Cas. *Rupture de conduite.* — Supposons une rupture de la conduite d'arrivée de vapeur, sur laquelle est branchée celle du frein, ou une explosion de générateur, au moment où la machine d'extraction est en pleine marche.

La pression sur la face avant du grand piston deviendra nulle, la pression sur la face arrière du petit piston étant celle de l'air comprimé, les pistons se déplaceront de l'arrière vers l'avant dès que l'équilibre sera rompu. La communication entre les deux robinets R et R′ sera fermée par le grand piston et l'air comprimé du réservoir passera dans la partie inférieure du cylindre du frein par les obturateurs S et K′; l'air comprimé remplira le cylindre du frein sans pouvoir s'évacuer par la boîte et le tuyau d'arrivée, par suite de la position du grand piston.

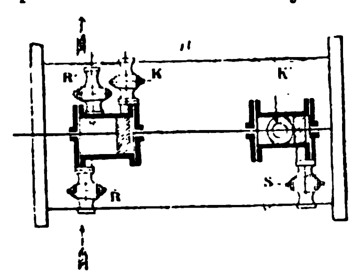


Fig. 41.

Pour le cas où le tiroir serait placé de telle façon que la partie inférieure du cylindre de frein fût en communication avec l'échappement, une soupape P a été intercalée sur le tuyau d'échappement. Dans la posi-

tion du croquis, cette soupape est ouverte ; quand se produit le mouvement des pistons vers l'avant, elle se ferme automatiquement sous l'effet de la traction des deux ressorts à boudin. Il ne peut donc y avoir aucune perte d'air comprimé capable d'empêcher le fonctionnement du frein au moment critique.

Un lien flexible U, chaîne galle ou câble, réunissant l'extrémité du levier D′ au contrepoids E, a permis le mouvement du levier sans agir sur le contrepoids. Les leviers H et J restant fixes, les obturateurs K et K′ demeurent, le premier fermé, le second partiellement ouvert ; l'ouverture partielle de ce dernier a permis de faire agir le frein progressivement dans le but de ne pas occasionner une rupture du câble.

2e Cas. *Mise aux molettes.* — Dans le cas d'une mise aux molettes, la cage atteint le système de leviers établi en haut du chevalet et provoque l'effacement des leviers F, par l'intermédiaire des leviers H. Le contrepoids, établi pour obtenir un effort supérieur à l'excédent des pressions de la vapeur sur le grand piston et de l'air comprimé sur le petit, assure le déplacement de ces pistons jusqu'à fond de course et, par suite, le fonctionnement du frein par l'admission de l'air comprimé. La rotation de l'arbre I a provoqué immédiatement l'ouverture partielle de l'obturateur K, par l'intermédiaire des leviers H et J, et l'air comprimé a été admis sur la face arrière du grand piston, assurant ainsi la position des deux pistons vers l'avant, même dans le cas de la rupture du lien flexible U du contrepoids. L'obturateur K′, ouvert en plein, a permis le maximum d'effet de l'air comprimé dans le cylindre du frein et, par suite, l'action instantanée de ce frein même sur la machine d'extraction.

En réalité, l'appareil pourrait fonctionner sans le contrepoids, puisque l'air comprimé admis sur la face arrière du grand piston donne un effort qui, ajouté à celui qui s'exerce sur la face arrière du petit piston, assure le mouvement des deux pistons vers l'avant. Mais l'ouverture progressive de l'obturateur K et les résistances passives de l'appareil pourraient occasionner un retard dans le fonctionnement, tandis que le contrepoids provoque le déplacement instantané des pistons immédiatement après l'effacement des leviers F.

Le réservoir d'air comprimé a un volume tel qu'en supposant une rupture de la conduite d'arrivée de l'air, la pression, par l'effet du clapet de retenue T, se maintient pendant le temps nécessaire à une réparation. L'air emmagasiné constitue une puissance vive suffisante pour assurer le fonctionnement du frein dans les deux cas examinés précé-

demment ; de plus, si à un moment donné la pression de l'air comprimé diminue sensiblement dans la conduite d'arrivée, le clapet T fonctionne et le réservoir peut conserver pendant plusieurs heures un volume d'air à la pression normale.

Evite-molettes de la Société de Liévin. — La Société des Mines de Liévin exposait un modèle de l'évite-molettes qui a été étudié par M. Dubois fils, ingénieur à Anzin, et adapté à la machine d'extraction du puits n° 1.

Sa description nous entraînerait un peu loin ; nous donnerons simplement les conditions qui ont été imposées au programme d'études :

1° Le mécanicien reste libre de l'allure de sa machine pendant la plus grande partie du trajet des cages dans le puits.

2° Lorsque la cage montante arrive à la distance de 60 m. du jour, l'appareil entre en action, et pour toute nouvelle position de la cage, fixe une vitesse qui ne peut être dépassée. Les vitesses tolérées au mécanicien décroissent à mesure de l'approche des taquets et se maintiennent à une faible valeur, un mètre par exemple, pour toutes les manœuvres et les positions accidentelles de la cage entre les taquets et les molettes.

3° Si le mécanicien dépasse la vitesse qui lui est tolérée pour une position déterminée de la cage, l'appareil ferme l'arrivée de vapeur et le frein agit. L'action du frein est variable suivant la position de la cage ; quand celle-ci est à une grande distance du jour, l'action est lente et progressive ; elle devient de plus en plus rapide à mesure que la cage arrive près de la recette.

4° Lorsque la cage dépasse un point déterminé entre la recette et les molettes, l'action du frein est instantanée ; ceci sans danger, puisque du fait de l'appareil, la vitesse est limitée. Le serrage instantané s'obtient par un sabre placé dans le chevalement et actionné par la cage.

5° Lorsque la cage descend, la vitesse est limitée pendant quelques mètres sous la recette ; puis, le mécanicien redevient maître de l'allure de sa machine.

6° Pour assurer le fonctionnement constant de l'appareil, un organe spécial provoque, à chaque voyage, la fermeture de la prise de vapeur pendant l'ascension, et le mécanicien est obligé de mettre son levier de modérateur à la position « fermé à fond » pour pouvoir introduire à nouveau dans les cylindres.

Evite-molettes Villiers. — La Société des houillères de Saint-Etienne exposait un modèle de l'évite-molettes de M. Villiers, directeur de la Société, étudié pour la machine d'extraction du puits Mars.

Le principe de cet appareil, dont la première application remonte à 1886, est trop connu pour que nous en fassions une description détaillée. Nous le rappellerons sommairement en priant le lecteur de se reporter aux dessins et à la légende ci-après, qui contient une énumération suffisante des principaux organes.

L'action d'un frein très énergique, mis en jeu par un régulateur, peut éviter la mise aux molettes des cages pour des vitesses de quelques mètres par seconde; mais aux vitesses de 10 à 20 m. usitées dans l'extraction de la houille, on produirait des réactions dangereuses sur les câbles et les divers organes des machines, et on entraverait l'extraction par des arrêts trop vifs. M. Villiers a donc préféré agir automatiquement, quelques tours avant l'arrivée des cages au jour, sur un frein à double énergie et sur les tiroirs de distribution de la vapeur aux machines.

La plus faible de ces deux énergies est employée à produire un premier ralentissement, la seconde sert à l'arrêt complet, si les cages dépassent le niveau des recettes où elles doivent s'arrêter. Le servo-moteur qui actionne les tiroirs de distribution de la vapeur aux machines, est également mis en jeu par l'appareil automatique; il renverse le sens de l'admission de la vapeur et complète ainsi le premier ralentissement produit par le frein à simple énergie. Dès que le ralentissement désiré est obtenu, les cages achèvent leur course complète, sans entrave pour le machiniste.

Malgré leur ralentissement, si les cages dépassent le niveau des recettes extérieures, elles agissent directement sur un déclic. Ce déclic laisse tomber un bloc de fonte, d'un poids suffisant pour ouvrir l'admission de la vapeur au tiroir du piston du frein et produire ainsi le complément d'énergie nécessaire à l'arrêt des cages, déjà ralenties avant leur arrivée aux molettes.

Figures 42 et 43. — Disposition générale et commande de l'embrayage à friction.

A Table en fonte recevant les différentes pièces de l'appareil.
B Vis recevant son mouvement de l'arbre de la machine d'extraction.
CC' Ecrous mobiles réglables conduits par la vis B.
DD' Cames profilées symétriques, portées par les écrous CC'.
EE' Leviers symétriques conduits par les cames DD'.
F Arbre conduit alternativement par les leviers EE'.
GG' Balanciers à bras inégaux, calés sur F.

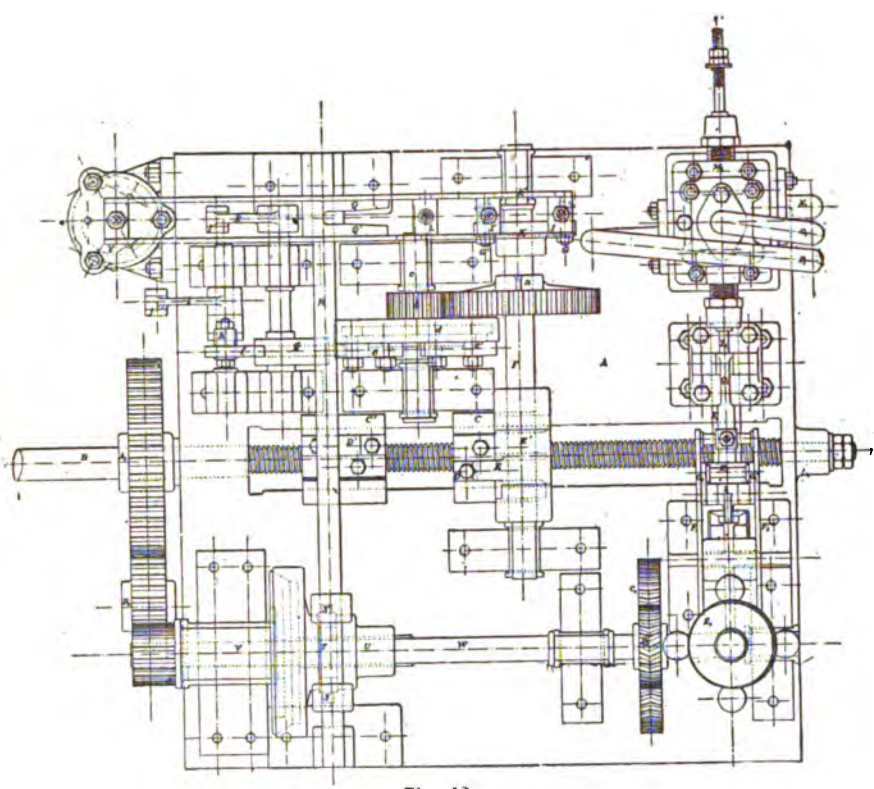


Fig. 42.

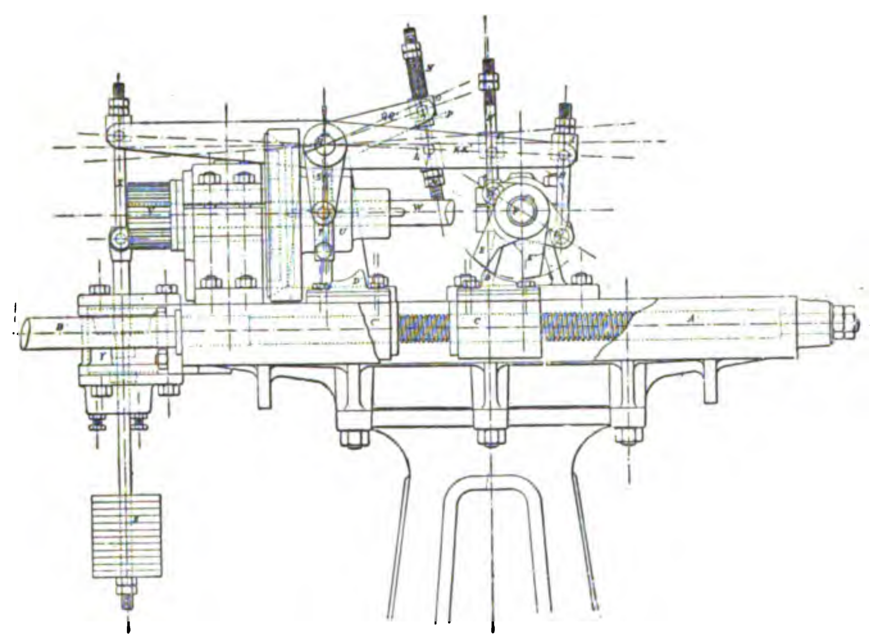


Fig. 43.

HH' Bielles articulées en G et G'.
I I' Douilles à articulations, guidant les bielles HH'.
KK' Balanciers entretoisés, fous sur l'arbre R, conduit par I ou I'.
L Douille à articulation fixée sur KK'.
M Bielles conduites par L.
N Ressort à boudin à tension réglable.
O Douille à articulation guidant la bielle M et conduite par N.
P Jeu maximum entre les pièces M et O.
QQ' Leviers clavetés sur l'arbre R, conduits par la pièce O.
R Arbre portant les leviers QQ'.
SS' Leviers clavetés sur l'arbre R, conduisant l'embrayage à friction.
T Collier de l'embrayage à friction.
U Cône mobile de l'embrayage.
V Roue d'engrenage formant cône fixe de l'embrayage.
W Arbre conduit par l'embrayage à friction.
X Bielle articulée sur KK' et conduisant la tige du piston à air.
Y Piston à air modérant la vitesse de descente du contrepoids Z.
Z Contrepoids de rappel des balanciers KK'.

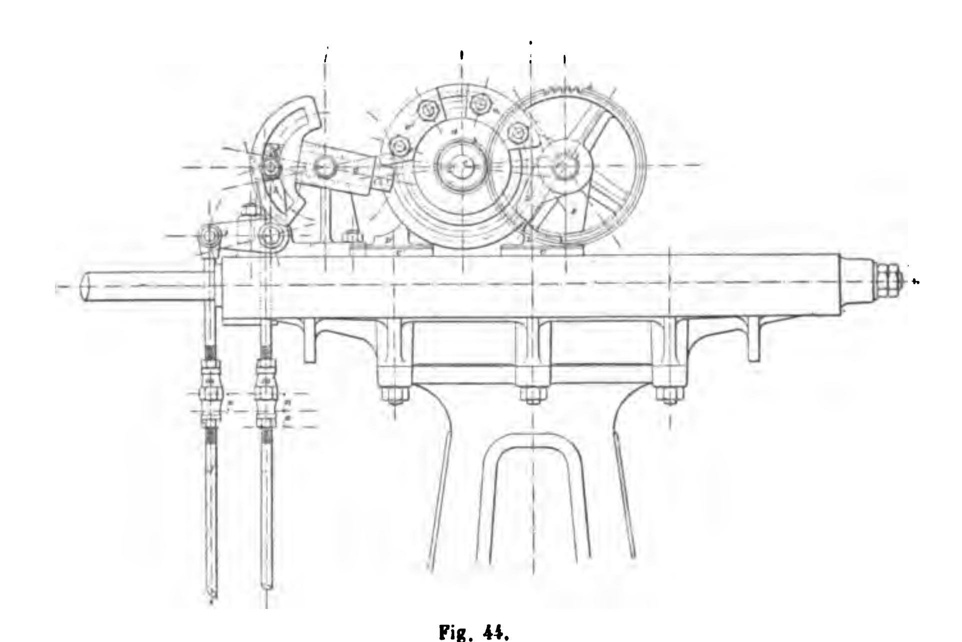


Fig. 44.

Fig. 42 et 44. — Commande du changement de marche.

a Roue d'engrenage clavetée sur F.
b Pignon conduit par *a*.
c Arbre portant le pignon *b*.
d Plateau à rainure circulaire claveté sur *c*.
ee' Cames symétriques réglables, fixées sur *d*.
f Levier à coulisse circulaire glissant dans la pièce *g*.
g Arbre support du levier *f*.
h Levier vertical conduisant *f*.
i Levier horizontal conduisant *h*.
j Tige reliée à la contre-poignée du levier de changement de marche.
k Levier claveté sur *g*.
l Tige conduisant le tiroir du servo-moteur.

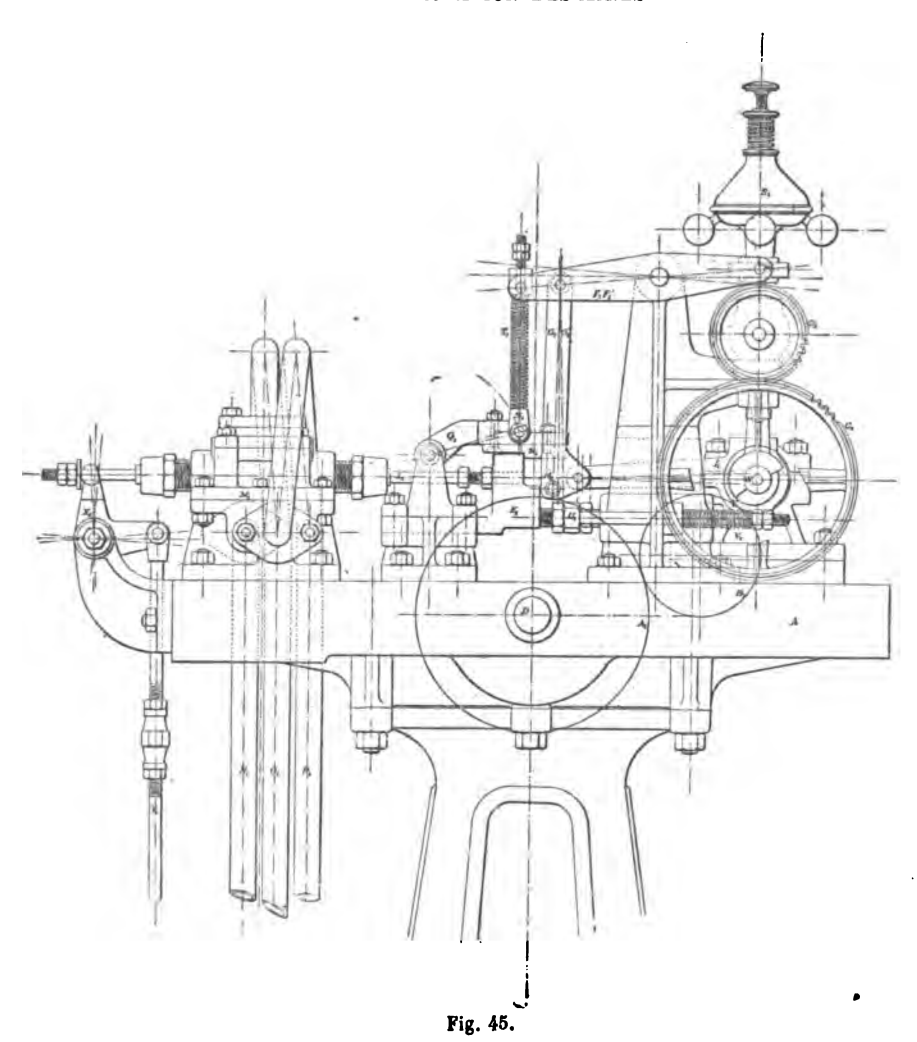


Fig. 45.

Figures 42 et 45. — Commande du tiroir à air comprimé.

A_1 Roue d'engrenage clavetée sur la vis B.
B_1 Roue intermédiaire.
C_1 Roue clavetée sur l'arbre W.
E Régulateur Schæffer et Budenberg, à 4 pendules, n° 1.
D_1 Pignon conduit par C_1.
F_1F_1 Balanciers conduits par le collier du régulateur E_1
G_1G_1 Bielles pendantes articulées sur F_1F_1.
H_1 Butée portée par G_1G_1'
I_1 Excentrique fixé sur W et conduisant la butée H_1.
K_1 Pièce recevant son mouvement de H_1 lorsque le régulateur est levé.
L_1 Tige réglable du tiroir à air comprimé.
M_1 Tiroir et boîte à tiroir à air comprimé.
N_1 Conduite allant à la boite à tiroir du cylindre du frein.
O_1 Arrivée de l'air comprimé dans la boîte M_1.
P_1 Echappement auxiliaire de l'air comprimé.
Q_1 Levier spécial.
R_1 Butée réglable en acier, fixée à Q_1.

S_1 Bielle articulée à l'extrémité des balanciers F_1F_1.
T_1 Ressort maintenant la butée R_1 dans sa position d'arrêt.
U_1 Tige coudée fixée sur le guide K_1.
V_1 Ressort de rappel du tiroir à air comprimé.
X_1 Levier coudé conduisant L_1.
Y_1 Tige reliée au loquet vertical du changement de marche.

Appareil enregistreur de la vitesse des cages. — La Société des Mines de Liévin a exposé un modèle de l'appareil électrique enregistreur qui fonctionne au siège n° 1.

Il indique : 1° La vitesse des cages dans le puits pendant les différentes périodes d'une ascension.

2° La durée d'un voyage et celle des manœuvres.

3° Le nombre de voyages pendant une période déterminée.

L'appareil se compose d'un transmetteur et d'un récepteur. Le transmetteur est placé près des molettes, dont la vitesse à la circonférence est égale à celle des cages dans le puits. L'axe d'une molette communique, par engrenages, le mouvement à une came, produisant à des intervalles réguliers qui correspondent à 10, 20, 30 m., etc. de parcours dans le puits, un contact entre deux lames métalliques. Ce contact établit un courant électrique qui se transmet au récepteur.

Le récepteur, relié par fils au transmetteur et placé à une distance quelconque de celui-ci, se compose d'un électro-aimant qui, à chaque passage du courant, attire un levier. Ce levier, par son déplacement, trace une ligne verticale sur un papier mobile dont le mouvement est uniforme.

La distance entre deux lignes verticales est l'expression du temps que le câble a mis à parcourir 10, 20, 30 m. On a adopté 30 m. pour l'appareil du siège n° 1.

Le papier est enroulé sur un tambour vertical de 287 mm. de diamètre et 340 mm. de hauteur; il est animé, à sa circonférence, d'une vitesse de 30 mm. à la minute et se déplace verticalement de 6 mm. pendant une révolution. Le crayon, en repos, trace une hélice sur le tambour, et les dimensions de ce dernier ont été calculées pour qu'une feuille donne les indications de 24 heures. Les piles sont placées près de l'enregistreur.

Cet appareil fonctionne depuis plusieurs années au siège n° 1, où il permet d'exercer un contrôle utile sur la machine d'extraction, notamment pendant la circulation des hommes.

Il peut d'ailleurs être appliqué à n'importe quelle machine.

Extractions secondaires.

Beurtias des mines de Lens. — La Société des mines de Lens présentait, en nature, dans l'Exposition souterraine du Trocadéro, deux beurtias ou puits intérieurs, aménagés, l'un comme balance pour descendre des wagonnets de charbons par la gravité, l'autre pour remonter les wagonnets de charbon au moyen d'un treuil à air comprimé ou d'un treuil électrique. Tous les appareils fonctionnaient, de sorte que les berlines descendues par la balance remontaient par le second beurtia, pour redescendre par la balance et ainsi de suite.

1° *Balance.* — Le beurtia, de section circulaire, a une profondeur de $10^m,25$ et un diamètre de $2^m,50$. Les guides en bois sont disposés sur les côtés longs des cages, avec billes de guides en fer distantes de $1^m,45$ d'axe en axe. Les cages, en fer, à une seule berline, et sans parachute, pèsent chacune 340 kg.

Le mécanisme se compose d'une poulie Champigny de 1 m. de diamètre, à gorge conique, et à écartement de joues réglage à volonté. Le câble embrasse seulement une demi-circonférence, ce qui procure une adhérence suffisante. La poulie est munie d'un frein à contrepoids, normalement serré.

Le câble, rond, en fils d'acier de 120 kg. de résistance, a un diamètre de 18 mm; sa charge de rupture est de 11 à 12 000 kg.

La barrière placée à la tête de la balance est à guillotine et se relève au pied. Pour la maintenir ouverte, on la fixe à un crochet, qui est immobilisé et ne peut recevoir la barrière tant que la cage n'est pas arrivée au pied.

Quand la cage est en place, le crochet est rendu libre et on peut y fixer la barrière.

La sonnerie est obtenue par une cloche, placée au sommet, et mise en mouvement par un fil de sonnette manœuvré du pied au moyen d'un levier. Ce levier est enclenché par la barrière ; quand celle-ci est relevée, elle arrête le levier. Il faut donc commencer par fermer la barrière avant de pouvoir sonner.

2° *Beurtia du treuil.* — Le beurtia a une section circulaire de $2^m,35$ de diamètre et une profondeur de $10^m,25$; il est muni d'un guidage en bois sur les petits côtés de la cage; billes en fer distantes de $1^m,45$. Les cages sont en fer, avec chapeau plein en tôle d'acier et parachute.

Les molettes ont 1 m. de diamètre; elles ont été fournies par la maison Bourguet, de Paris. Le câble plat, en fils d'acier de 120 kg. de résistance, a 65 mm. de largeur et 7 mm. d'épaisseur. Il est composé de douze aussières de quatre torons, sept fils n° 2, et sa charge de rupture est de 13 000 kg.; il a été fabriqué par la maison Bessonneau, d'Angers.

Treuil à air comprimé. — Le treuil à air comprimé est du type oscillant, compound à deux doubles cylindres, l'un de 160 mm. pour la pleine pression, l'autre de 220 mm. pour la détente; course commune 330 mm. La vitesse en service normal est de 180 tours à la minute. (A l'Exposition, cette vitesse n'était que 130 tours). Les deux bobines, pour câbles plats, sont commandées par l'intermédiaire d'un engrenage au 1/10. L'appareil est muni d'un évite-molettes comprenant: 1° un obturateur coupant automatiquement l'arrivée de l'air comprimé à la machine, quand la cage parvient à un point déterminé de son ascension; 2° un frein automatique à air comprimé qui fonctionne lorsque la cage dépasse l'accrochage supérieur d'une quantité déterminée.

Treuil électrique. — Un embrayage permet de substituer le moteur électrique au treuil à air comprimé. Ce moteur a été établi par la maison Breguet dans les conditions suivantes :

L'effort du moteur se transmet à l'arbre des bobines d'enroulement par l'intermédiaire :

1° D'un double frein Mégy, fonctionnant dans les deux sens, qui a pour but de tenir la cage suspendue en cas d'arrêt du treuil et de régulariser la descente.

2° D'un frein limiteur de force, composé de disques en fonte et en bronze alternativement; les premiers sont clavetés avec le pignon d'attaque; les seconds sont clavetés avec l'arbre et serrés l'un contre l'autre par l'intermédiaire de rondelles Belleville.

En cas de coincement de la benne dans ses guidages, les disques frottent l'un contre l'autre, et quoique la benne soit arrêtée, le moteur continue à tourner sans que le courant absorbé puisse nuire à la conservation des organes.

L'électromoteur peut fonctionner sous un courant continu de 100 volts; il est alimenté par un convertisseur composé d'un moteur Boucherot triphasé, actionnant directement une dynamo à courant continu, susceptible de débiter 130 ampères sous 100 volts.

Le moteur électrique est mis en marche dans les deux sens au moyen

d'un appareil à relai électro-magnétique, à contacts métalliques avec rupture sur charbons. Le relai est manœuvré à distance par deux commutateurs placés, l'un au poste du haut, l'autre au poste du bas du beurtia. Le commutateur du haut est disposé pour être manœuvré à la main, pour la mise en marche, et par les bennes, pour l'arrêt automatique à fin de course. Pour la mise en marche, afin d'éviter les accidents, la concordance est nécessaire entre les deux commutateurs haut et bas.

Ces appareils sont complétés par un commutateur de sécurité, commandé directement par l'arbre des bobines, et ayant pour double but d'intercaler automatiquement la résistance de démarrage avant chaque fin de course et de couper automatiquement le courant du relai dans le cas de non fonctionnement du commutateur commandé par les bennes.

Enfin, un disjoncteur automatique à maxima est intercalé dans le circuit induit de l'électromoteur du treuil.

Taquets. — Les taquets à excentrique sont à la fois à soulèvement et à glissement. Ils peuvent s'échapper par glissement, quand la cage repose sur eux; le machiniste peut donc faire venir les taquets lui-même, puisqu'il n'est pas nécessaire de soulever la cage. On évite ainsi un ouvrier préposé à leur manœuvre. Les taquets sont enclenchés par la sonnerie du fond; ils sont immobilisés par une pièce solidaire du fil de sonnette, tant que le levier de la sonnerie est dans la position relevée. Pour sonner, on abaisse le levier et on le maintient dans cette position au moyen d'un cran d'arrêt; les taquets sont alors rendus libres. Dès que la cage a quitté le fond, on laisse remonter le levier par l'effet d'un contrepoids, et du même coup les taquets se trouvent enclenchés à nouveau.

Barrières. — Les barrières sont à guillotine. Les enclenchements avec la cage et avec le levier de sonnette sont les mêmes que pour la balance; mais, en plus, pour maintenir la barrière ouverte, il faut que le levier de sonnette soit remonté, et par suite les taquets de tête immobilisés.

Balance à contrepoids. — La Société des Mines de Courrières exposait dans un beurtia une balance à contrepoids munie de deux appareils de sécurité présentant un certain intérêt.

Le beurtia a 2 m. de diamètre utile; ses parois sont revêtues de cercles en fer, avec garnissage de lambourdes, également en fer, dont les unes sont à double crochet pour suspendre les cadres et en faciliter la

pose, et les autres à simple crochet pour le remplissage entre les premières.

Le beurtia est divisé en trois compartiments : le premier pour la circulation de la cage, le deuxième pour celle du contrepoids et le troisième pour le logement des échelles. Malgré la section relativement faible du beurtia, les choses ont été combinées de façon que les échelles soient posées avec une inclinaison normale, afin d'éviter au personnel les chutes dangereuses.

Les cages sont guidées par deux câbles métalliques, placés d'un même côté, qui les maintiennent appliquées du côté opposé contre deux planches régnant sur toute la hauteur; ces planches isolent le compartiment des échelles et relient les traverses des planchers de ce compartiment.

Le contrepoids n'est guidé que par un seul câble qui l'empêche de tourner et le tient appliqué contre deux planches formant un couloir à parois perpendiculaires.

La tête du beurtia est constituée par des cadres carrés en vieux rails, éclissés dans les angles, et supportant les sommiers de la poulie-frein, tout en maintenant les parois. La poulie a une gorge triangulaire pour empêcher le câble de glisser; elle est venue de fonte avec une jante sur laquelle s'appliquent les patins en bois d'un fer de ceinture formant la bande de frein.

Appareils de sécurité. — Afin d'éviter une complication d'installation et un entretien assez important, on s'est dispensé d'employer les taquets habituels pour recevoir la cage.

Il a donc fallu imaginer un dispositif spécial pour empêcher la chute de la cage dans le beurtia, par suite d'une rupture possible du câble sous le choc des berlines pleines, au moment de l'encagement. On emploie pour cela un *crochet de suspension* adapté par une vis de réglage aux sommiers du frein. Ce crochet est écarté par la traverse de tête de la cage au moment de la remonte; puis, rappelé par son propre poids et par celui d'une chaîne à forts maillons, il s'engage sous la traverse de tête pour retenir la cage si le câble vient à se rompre.

Enfin, un *butoir de sûreté* complète l'installation pour empêcher les berlines d'avancer vers le beurtia quand la cage n'est pas à la recette. Ce butoir est constitué par une grosse équerre en fer, maintenue entre deux paliers venus de fonte avec la plaque de la recette et capable d'un petit mouvement angulaire autour d'un axe horizontal.

Quand la cage n'est pas à la tête du beurtia, l'équerre se met, par son propre poids, dans une position telle que sa branche verticale s'élève assez pour buter contre les essieux des berlines; au contraire, quand la cage arrive à la recette, elle soulève la branche horizontale de l'équerre; la branche verticale s'abaisse et la berline peut passer.

Cet appareil automatique ne dispense pas, d'ailleurs, des deux barrières que la Compagnie de Courrières exige à toutes les recettes. La première est obtenue avec un fer rond placé à $1^m,15$ du sol, c'est-à-dire à une hauteur plus grande que celle d'une berline chargée; elle est fixe et sert de point d'appui à l'ouvrier pour les manœuvres. La seconde se trouve à $0^m,50$ du sol; elle se déplace à la main en pivotant dans un œillet et doit, réglementairement, être manœuvrée par l'encageur.

Aménagement des plans inclinés pour l'extraction et le transport du personnel. — La Compagnie houillère de Bessèges, qui exploite à Molières des couches minces et espacées, et à Bessèges des couches tourmentées et irrégulières, a dû recourir à des moyens spéciaux de concentration, pour réunir à une recette de puits un tonnage de 200 à 250000 t., provenant de travaux en activité d'une étendue considérable. C'est ainsi qu'elle a été amenée à créer de grands plans inclinés à une voie, ouvrant continuellement de nouveaux étages d'exploitation tout en desservant ceux qui sont déjà ouverts, et à assurer le transport rapide du personnel dans ces plans. Un modèle des trains imaginés pour la translation des ouvriers, figurait à l'Exposition minière souterraine du Trocadéro. Ils sont formés de plusieurs wagons plates-formes spéciaux, à banquettes étagées suivant l'inclinaison du plan, établis et reliés ensemble dans des conditions de solidité donnant toute sécurité; ils ne circulent en charge que sur les plans et n'entrent dans les gares que pour être remisés à l'attente. Un parachute particulier et automatique, du système de M. Marsaut, est monté sur chariot à la tête du convoi; ce parachute peut être manœuvré au besoin à la main par les conducteurs du train. Des téléphones et des sonneries électriques, permettant de commander le machiniste de tous les points du trajet, complètent les dispositions de sécurité de ce moyen de circulation. Des trains de 80 à 120 ouvriers circulent journellement dans les plans de la Compagnie de Bessèges et on en prépare maintenant pour 150 personnes.

Pour l'extraction, les trains sont composés de 10 à 12 wagons ordinaires de 1 t. de charge utile, soit une charge brute de 16 à 18 t. remorquée au moyen d'un câble en acier de 35 mm. de diamètre; le câble

s'enroule sur tambours de 3^m,50 à 6 m. de diamètre, actionnés au moyen d'engrenages par une machine à vapeur à deux cylindres; la vitesse des convois est de 2 à 3 m. à la seconde.

Chaque étage d'exploitation est relié au plan incliné par un seul embranchement, au bout duquel une simple gare à deux voies permet de placer un convoi vide à côté du plein, ou réciproquement, et de dételer un train pour atteler l'autre. Toutes les manœuvres de gare se font par la gravité; la charge peut être montée ou descendue; des échanges peuvent être faits d'un étage à l'autre, quand par exemple, l'un fournit du remblai qu'il ne peut loger, l'autre ayant du vide à combler. Des recettes d'un même puits, ou de plusieurs puits voisins reliés au plan, à des niveaux différents, peuvent être alimentées simultanément.

Il y a actuellement, à Bessèges ou à Molières, six de ces plans en activité; leur longueur varie entre 1000 et 2500 m. et leur pente entre 20 et 35 0/0, limite au delà de laquelle le charbon tomberait des wagonnets.

L'un de ces plans atteindra bientôt 3 000 m. de longueur, rachetant une hauteur verticale de 600 m. et reliant 12 étages d'exploitation de 50 m. chacun.

Treuils de mine. — Les treuils de mine figuraient en assez grande quantité à l'Exposition, surtout dans la classe 63, où les maisons Pinette, de l'Horme, Galland, Fournier et Cornu, présentaient les différents modèles qui sont d'un emploi courant dans les travaux souterrains. Ces appareils, actionnés par l'air comprimé, sont bien connus et ne diffèrent entre eux que par le groupement de leurs organes et la puissance de leurs moteurs.

Quelques Sociétés de construction de matériel électrique fabriquent aujourd'hui, d'une façon courante, des treuils électriques à courants continus ou alternatifs pour les entreprises de travaux publics; elles ont créé également plusieurs types spécialement destinés aux exploitations houillères et répondant aux conditions particulières qui leur ont été imposées.

La Société des Mines de Carmaux exposait le modèle réduit d'un petit treuil à commande électrique, qui fonctionne à la surface pour le service d'une carrière à remblais.

Le tambour du treuil, dont la vitesse à la circonférence est de 90 m. par minute, est mis en mouvement par un double train d'engrenages à denture hélicoïdale, actionné par un électromoteur triphasé qui

fait 960 tours par minute sous 240 volts. Le tambour est pourvu d'un frein normalement serré.

Les manœuvres s'opèrent à l'aide d'un démarreur-inverseur qui fonctionne à la fois comme commutateur des courants aux bornes et comme rhéostat, en modifiant les résistances intercalées dans l'induit. La marche en avant ou en arrière, l'accélération, le ralentissement ou l'arrêt, sont ainsi obtenus à l'aide d'un levier unique.

Les dimensions d'encombrement de l'ensemble sont les suivantes : longueur $1^m,70$, largeur $1^m,60$, hauteur 1 m.

Cet appareil a été construit par la Société Alsacienne de constructions mécaniques de Belfort.

CHAPITRE VI

ÉPUISEMENT

COMPARAISON ENTRE LES DIFFÉRENTS SYSTÈMES D'EPUISEMENT

Dans le *Bulletin* de la Société des Ingénieurs civils de janvier 1900, M. Mallet a résumé un intéressant mémoire de M. W. M. Epton, lu devant l'Association des Ingénieurs mécaniciens de Johannesburg et relatif aux épuisements dans les mines de grande profondeur.

L'auteur de ce mémoire s'est proposé d'établir une comparaison entre les différents systèmes d'épuisement adoptés dans les mines, au point de vue des pertes éprouvées dans la transmission de la force motrice, entre les générateurs de vapeur de la surface et les pompes du fond. Il a pris comme type un puits de 1200 m. de profondeur, dans lequel il faut épuiser 45 m^3 d'eau à l'heure et il a établi, dans chaque cas, le travail obtenu en kilogrammètres utiles par kilogramme de charbon brûlé dans des chaudières de même rendement.

Le tableau suivant donne les résultats de cette étude.

MODE D'ÉPUISEMENT SUPPOSÉ	NOMBRE de kgrm. utiles, ou eau montée, par kg. de charbon brûlé	Rendement comparé p. 0/0
Par machine d'extraction et bennes	105 000	46 %
» » type Cornouailles	116 500	51
» pompes mues à l'air comprimé	151 000	67
» » hydrauliques	153 000	68
» » électriques	177 000	78
» » chaudières et machines à vapeur souterraines	204 000	87 %

En écartant la dernière solution, qui présente des difficultés très graves de réalisation pratique, cette comparaison fait nettement ressortir les avantages économiques de l'épuisement au moyen de pompes électriques, dans les mines à grande profondeur, abstraction faite des

dépenses de premier établissement et d'entretien qui, d'ailleurs, ne changeraient pas sensiblement les résultats comparés.

Il y avait à l'Exposition une grande quantité de pompes de tous systèmes et de toutes puissances, inertes ou en fonctionnement. La Société Wortinghton, en particulier, avait installé, au port de la Cunette, deux groupes de machines élévatoires pour la fourniture de l'eau de Seine au Château-d'Eau, de façon à assurer un débit normal de 1000 lit. d'eau par seconde au bassin de la grande Cascade. On comprendra que nous ne puissions pas nous arrêter à l'examen de ces nombreuses machines, si intéressantes qu'elles soient ; nous nous bornerons à relater les appareils plus spécialement destinés aux mines et ceux qui nous ont paru d'une application plus immédiate aux travaux d'épuisement.

Machine d'épuisement des houillères de Saint-Etienne. — La Société des houillères de Saint-Etienne exposait les plans de la pompe d'épuisement, système Rittinger, qui a été installée en 1890, au puits Verpilleux.

Cette pompe est à rotation, à double moteur horizontal de $0,75 \times 1$ m, à détente et condensation. L'arbre des machines attaque, au moyen d'un engrenage dans le rapport de 1/5, un arbre intermédiaire dont la manivelle commande un balancier s'avançant sur le puits et à l'extrémité duquel sont suspendues les tiges de la pompe.

La roue d'engrenage a 5 m. de diamètre ; elle se compose d'une partie fixe, calée sur l'arbre, et d'une jante dentée mobile qui entraîne la première en appuyant sur des cales en caoutchouc, serrées entre des saillies existant sur les parties fixe et mobile. Le poids de cette roue est de 32 000 kg. Les pompes comportent trois jets ; les tiges constituées par une double ligne de I en acier ont, respectivement, les poids suivants :

Jet supérieur	91 kg.
Jet moyen.	66 »
Jet inférieur	48,5 »

La quantité d'eau élevée par tour de l'arbre des pompes est de $0^{m3},510$.

La vapeur consommée par les machines est, en grande partie, fournie par des chaudières chauffées par les gaz perdus d'une batterie de fours à coke.

Pompe souterraine à vapeur des mines de Bruay. — L'exploitation du gisement de Bruay, par suite de l'absence de lits argileux à la

base des morts-terrains, donne lieu à des venues d'eau dont le volume est bien supérieur à celui des venues habituelles aux concessions houillères du Pas-de-Calais. L'exhaure atteint actuellement à Bruay 6 300 à 6 400 m³ par jour, et en dehors de cet ensemble de venues journalières qui sont à débit presque constant, il se produit parfois de véritables coups d'eau qui font irruption dans les travaux à des allures effrayantes.

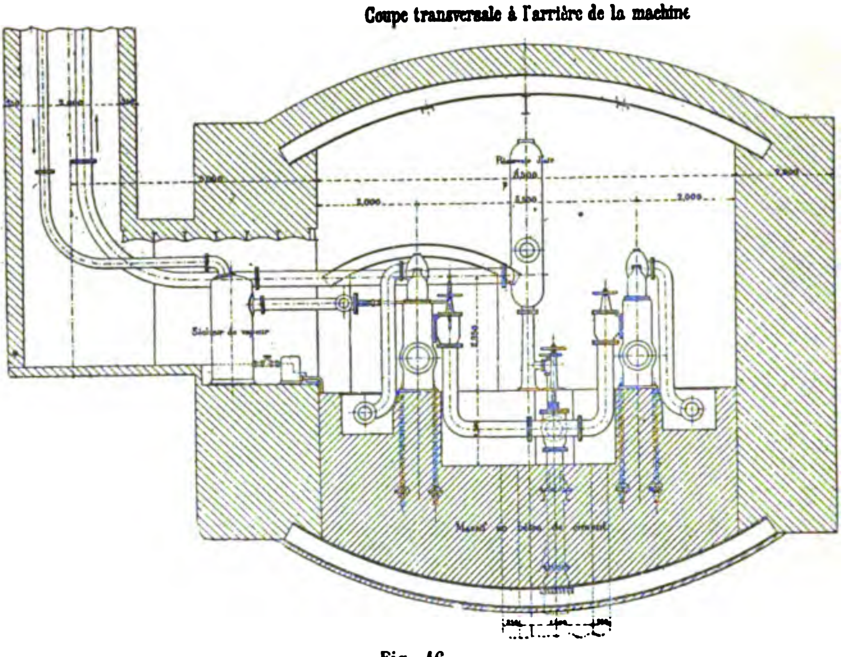


Fig. 46.

Sans être de nature à compromettre l'existence même de la mine, car leur volume diminue rapidement, ils sont suffisants pour arrêter le travail dans une partie des chantiers ; c'est ainsi que le coup d'eau du mois d'août 1891. qui se produisit dans la veine n° 8 de la fosse n° 4, donna jusqu'à 25 000 m³ par jour et obligea la Compagnie à suspendre momentanément l'extraction aux puits n° 1, n° 4 et n° 4 *bis*. Il est vrai que les mines de Bruay étaient alors moins bien outillées qu'à l'heure actuelle au point de vue de l'exhaure ; quoiqu'il en soit, la lutte contre les eaux est caractéristique dans cette concession où la Compagnie possède 10 pompes souterraines capables de refouler au jour près de 30 000 m³ en vingt heures de travail !

La pompe à vapeur, du système Mailliet, dont les plans et un modèle en réduction figuraient à l'exposition des mines de Bruay, n'est pas

comprise dans les machines précédentes, son installation ne devant être terminée qu'à la fin de l'année 1900.

Cette pompe est construite pour fonctionner au besoin à la vitesse de 32 tours, et refouler de la profondeur de 335 m. jusqu'au jour, 500 m³ d'eau à l'heure ; mais sa marche normale ne sera que de 26 tours, avec un débit de 400 m³.

Nous donnons, dans les *planches hors texte*, les dessins complémentaires de cette puissante machine à deux cylindres conjugués, munis d'une détente Rider variable par le régulateur, dont les pistons à vapeur commandent 4 pompes à simple effet installées deux à deux dans le prolongement des cylindres.

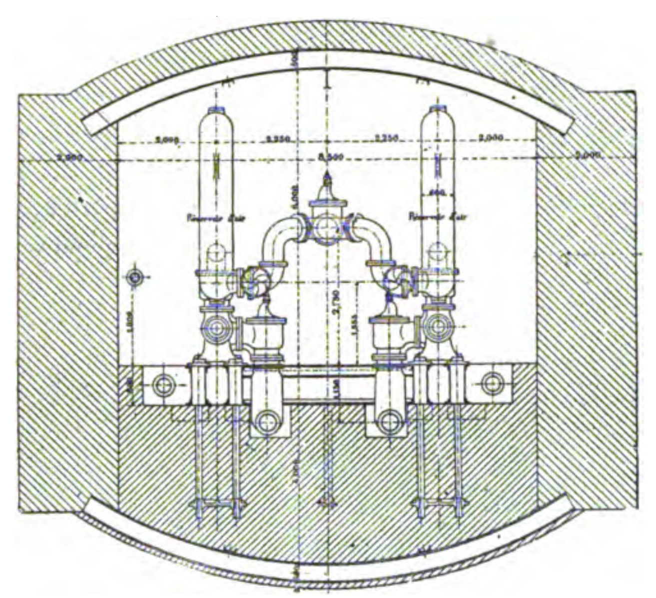


Fig. 47. — Coupe transversale au droit des pompes.

Elle répond aux conditions d'établissement suivantes :

Diamètre des cylindres à vapeur.	1ᵐ, 050
id. des plongeurs	275 mm
Course commune des pistons et des plongeurs	1ᵐ, 600
Diamètre du piston des pompes à air	370 mm
Course id. id.	1ᵐ, 600
Diamètre du volant.	5ᵐ, 500
id. de l'arbre de couche	525 mm

La machine est montée sur une charpente en acier de 800 mm. de hauteur, permettant de parer aux mouvements de terrain et de remettre la

machine de niveau. Elle est disposée pour que l'un des côtés puisse marcher seul, l'autre étant démuni de sa bielle ; dans ce but, on l'a munie d'un condenseur avec pompe à air, pour chaque côté. Les corps de pompe, avec leurs boîtes à clapets rapportées, sont en acier moulé. Les clapets, à siège plat unique, sont munis de ressorts extérieurs à réglage par manette filetée.

Les condenseurs sont disposés pour prendre un volume d'eau supérieur à celui des pompes foulantes qu'ils desservent. Le trop plein retourne au puisard d'aspiration. Les réservoirs d'air qui surmontent les boîtes à clapets de refoulement réduisent à moins de 1 kg. les variations de pression dans la colonne de refoulement.

Une conduite de vapeur de 200 mm, en acier doux, dessert la machine ; le diamètre de la conduite de refoulement, également en acier doux, est de 300 mm. intérieur. Chacune de ces conduites a été calculée pour permettre d'installer, sans nouvelles tuyauteries, une deuxième machine d'épuisement de débit analogue. Dans ces conditions, la vitesse d'écoulement de l'eau dans la conduite de refoulement atteindra 4 m., vitesse qui a été reconnue sans danger, après une expérience faite à la fosse n° 4, sur une conduite de 250 commune à deux pompes Dubois et Mailliet.

La machine, avec son bâti et les tuyauteries reliant entre eux les différents organes, pèse environ 193 t.

Pompes souterraines à vapeur des Mines de Czeladz.— La Société des Mines de Czeladz présentait dans la section russe de la classe 63, un certain nombre de plans et de coupes relatifs à l'installation de plusieurs machines souterraines pour l'épuisement des eaux.

Cette Société possède un siège d'exploitation unique composé de deux puits jumeaux, Pierre et Paul, pour l'extraction et l'épuisement, et d'un puits secondaire, Jean, exclusivement réservé au passage d'une conduite de vapeur de 2 pompes souterraines. La venue d'eau maxima dans les travaux est de 3 000 m^3 environ par heure, pour une extraction annuelle de 300 000 t. de houille, de sorte que la force motrice nécessaire à l'épuisement atteint le chiffre considérable de 3 000 chevaux, sur un total de 3 600 pour l'ensemble de l'exploitation.

Au niveau 210, deux pompes sont installées au puits Pierre et une pompe au puits Paul; la première refoule 16 m^3 par minute à la vitesse de 80 tours, la seconde 5 m^3 à 50 tours et la troisième 15 m^3 à 50 tours.

Au niveau 120, deux pompes au puits Jean, l'une de 10 m^3 à 50 tours,

l'autre de 5 m^3, à 50 tours également. Enfin, au jour, une pompe d'avaleresse à action directe, qui a servi pour les fonçages, peut élever 3 m^3 à la minute, à la vitesse de 4 coups de piston.

L'ensemble se compose donc de six pompes, capables d'épuiser 14 m^3 d'eau par minute. Les conduites de vapeur placées dans les puits ont respectivement 300 et 350 mm. de diamètre, et celles de refoulement des pompes, 400 et 500 mm.

Un dessin détaillé de la plus forte machine souterraine indiquait les dimensions des principaux organes pour obtenir un refoulement de 960 m^3 à l'heure à 220 m. de hauteur. Les cylindres à vapeur ont 900 mm. de diamètre et les plongeurs différentiels, 365 et 262 mm ; course commune 1 m ; la pompe à air du condenseur a un diamètre de piston de 410 mm.

Cette installation est une des plus importantes qui existe pour l'épuisement au moyen de machines à vapeur souterraines. Il n'a malheureusement pas été possible d'obtenir des renseignements suffisants sur les rendements obtenus avec ces puissants appareils.

Machine d'épuisement à transmission hydraulique, système Kaselowsky, des Mines de Montrambert et la Béraudière. — L'ancienne pompe à maîtresse tige et à traction directe des Mines de la Béraudière, installée en 1854 au puits Abraham pour des profondeurs de 200 m. environ, a été prolongée de proche en proche jusqu'à la profondeur actuelle de 389 m. Il ne paraissait pas prudent de l'allonger davantage, car ses organes risqueraient de ne plus présenter la résistance nécessaire, et le puits lui-même, très déconsolidé par les exploitations voisines, arrive au point où il ne peut plus être conservé.

Dans ces conditions, la Société de Montrambert s'est décidée à créer un nouveau siège d'épuisement au puits Ferrouillat, devenu plus central par suite du déplacement progressif de l'exploitation, et après un voyage de ses ingénieurs en Westphalie, elle a fixé son choix, pour le système d'épuisement, sur la pompe Kaselowsky à transmission hydraulique, très en faveur dans cette région minière.

Les plans d'installation de cette pompe figuraient à l'Exposition.

Les raisons de ce choix ont été les suivantes :

1° On ne disposait que d'un très faible espace dans un puits de 3^{m},60 de diamètre, occupé par l'extraction, et on ne pouvait songer à y installer que de simples tuyauteries allant d'une seule traite de l'orifice au fond, ce qui excluait les maîtresses-tiges et les jets multiples.

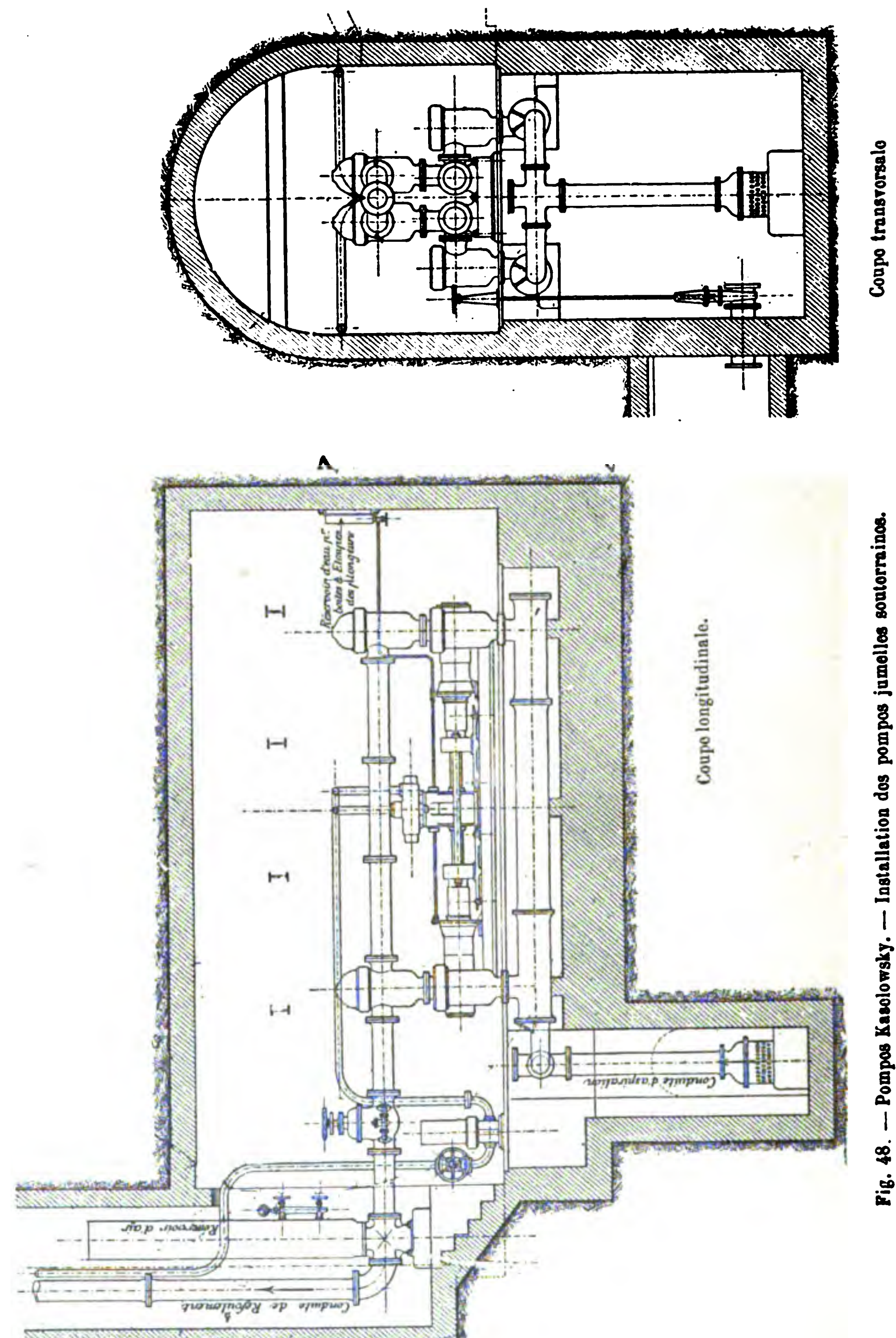


Fig. 48. — Pompes Kaselowsky. — Installation des pompes jumelles souterraines.

2° L'obligation de descendre les pompes du fond, de 66 m. tous les 9 ou 10 ans, par suite de l'approfondissement rapide des travaux, excluait les grandes installations souterraines, et en particulier les pompes à vapeur; il était d'ailleurs inadmissible de placer une conduite de vapeur dans un puits d'entrée d'air dont le courant eût été renversé.

3° La même considération écartait la commande électrique qui nécessite des arbres, des engrenages, des bielles et des manivelles, tandis que le système hydraulique, présentant une puissance et une résistance de même nature, ne demandait qu'un simple mouvement de va-et-vient des organes. D'autre part, l'emploi de l'électricité dans les mines pour des transports de cette importance, ne semblait pas avoir reçu une sanction suffisante.

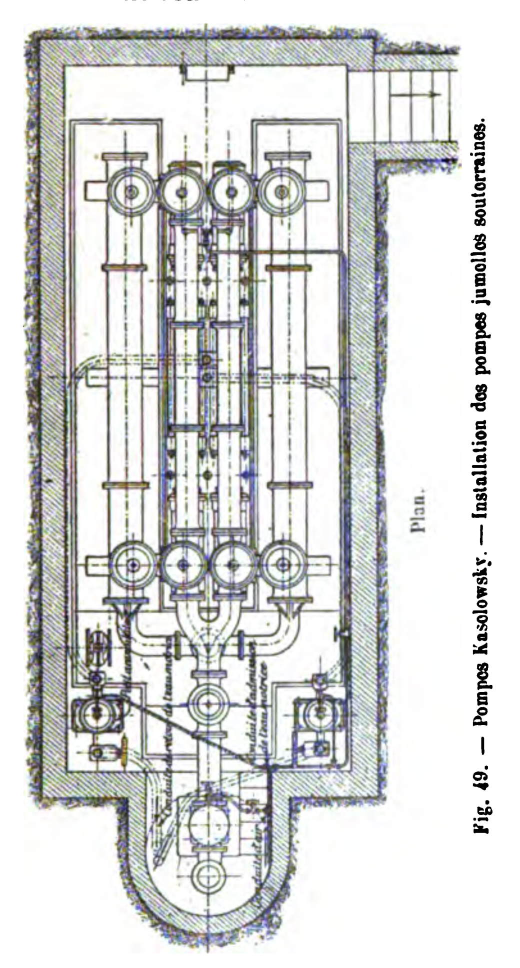


Fig. 49. — Pompes Kaselowsky. — Installation des pompes jumelles souterraines.

4° Les rendements observés en Allemagne ont paru comparables à ceux des meilleures pompes à vapeur.

La machine Kaselowsky repose sur le principe suivant : comprimer, au jour, de l'eau à très haute pression, 200 ou 250 kg, et se servir de cette eau pour mouvoir des pompes placées au fond du puits.

L'installation se compose, au jour, d'une pompe hydraulique mue par un moteur à vapeur et au fond, d'une pompe mue par la pression hydraulique et élevant l'eau à épuiser. Ces deux pompes sont reliées ensemble par une conduite d'eau sous pression et une conduite de retour, l'une et l'autre d'un très petit diamètre.

Les pompes du jour sont de simples pompes à plongeurs, reliées directement aux tiges des cylindres à vapeur et pouvant marcher à 60 tours par minute. Elles aspirent dans un réservoir de la conduite de retour et refoulent dans un accumulateur, régulateur de pression, d'une grande sensibilité, placé également au jour. (Voir *planches hors texte*.)

L'eau comprimée se rend à un autre petit accumulateur placé au fond ; en sortant de celui-ci, elle arrive dans les distributeurs des pistons moteurs. Ces pistons moteurs, au nombre de quatre, sont des plongeurs fixes sur lesquels fonctionnent des cylindres creux, qui sont eux-mêmes les plongeurs mobiles des pompes d'élévation de l'eau à épuiser. Les pistons fixes et les plongeurs mobiles sont reliés deux à deux et forment ainsi deux groupes de pompes à plongeurs à double effet placés l'un à côté de l'autre. Ce groupement permet d'installer les pompes du fond dans une très petite chambre. (Voir fig. 48 et 49.)

L'eau circule sans choc, sans bruit, et presque sans variation de vitesse, dans la colonne d'eau motrice sous pression, dans celle de retour de cette eau au jour, et dans la conduite de refoulement, d'où l'eau épuisée s'écoule régulièrement.

L'eau motrice, après avoir passé dans un deuxième petit accumulateur, remonte, par la colonne de retour, au réservoir placé au jour et dans lequel aspirent les pompes motrices. C'est la même eau qui sert, les pertes étant à peu près nulles ; on y mélange un peu d'huile soluble pour obtenir un graissage automatique de tous les organes.

La particularité que présente cette transmission de force par l'eau comprimée réside dans l'emploi de pressions très élevées. L'expérience a montré que les pressions de 200 à 250 atmosphères étaient les plus avantageuses. Elles permettent d'avoir des distributeurs des pompes du jour et du fond ainsi que des conduites, de faibles dimensions ; les joints et les presse-étoupes sont d'un entretien aussi facile que ceux des appareils et conduites fonctionnant avec de la vapeur aux pressions ordinaires.

Il résulte des essais qui ont été faits sur des installations existantes que l'effet utile atteint 71 à 78 0/0, c'est-à-dire que le travail en eau montée, pertes de charge des conduites non comprises, est de 77 à 78 0/0 du travail de la vapeur, indiqué sur les diagrammes.

Les conditions imposées par la Société de Montrambert au constructeur sont les suivantes: élever 50 lit. d'eau par seconde, ou 180 m^3 à l'heure, d'une profondeur actuelle de 455 m, qui sera portée, par approfondissements successifs de 66 m, jusqu'à 653 m. Le travail utile en eau montée, correspondant à ces deux situations extrêmes, sera de 305 et 435 chevaux ; la même machine foulante du jour, les mêmes pompes du fond, devront y pourvoir par un simple changement dans le degré de détente de la vapeur et le degré de pression de l'eau foulée.

La machine du jour est horizontale, compound, à condensation, avec cylindres parallèles et manivelle à 90°. Les diamètres des cylindres sont

de 725 et 1200 mm., la course, de 1^{m},200. Distribution par soupapes du système Collmann. Vitesse : 50 tours par minute.

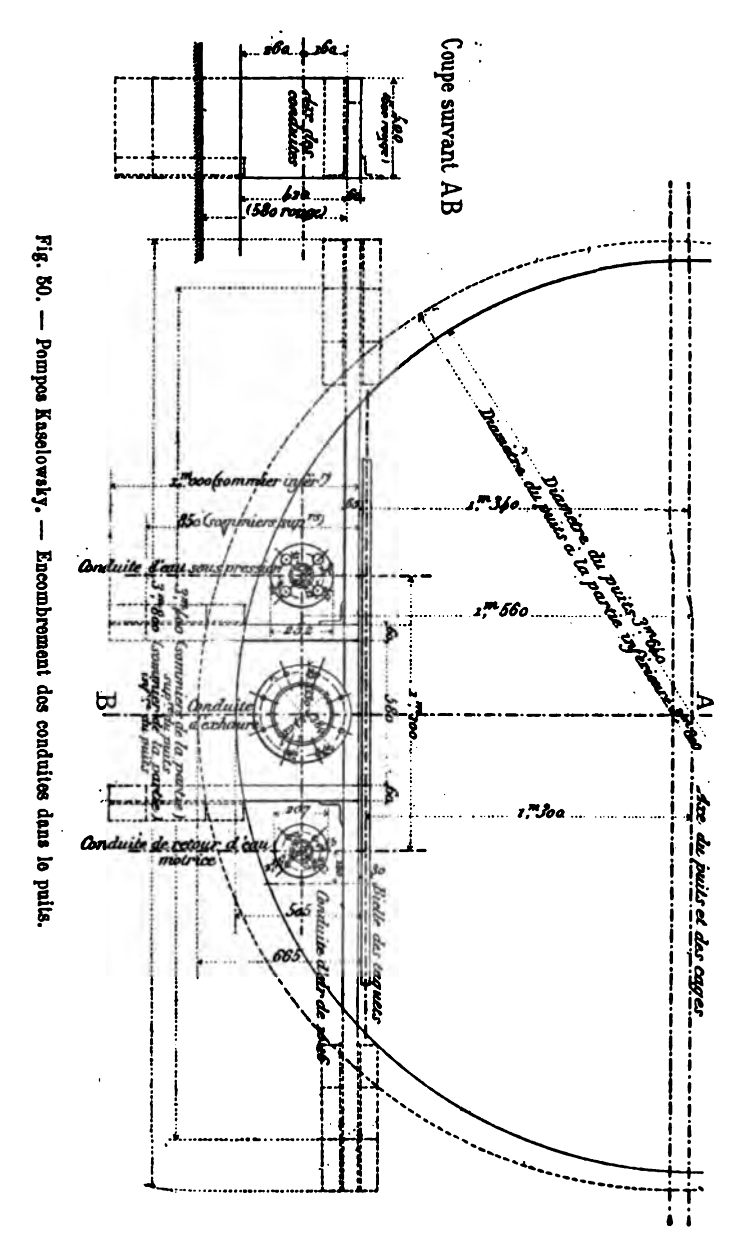


Fig. 80. — Pompes Kaselowsky. — Encombrement des conduites dans le puits.

Les pompes foulantes, au jour, attelées en tandem à l'arrière des cylindres à vapeur, ont 78 mm. de diamètre et même course de 1^{m},200. Elles refoulent l'eau motrice à la pression de 190 kg. par centimètre carré,

pression qui sera portée à 235 kg. lorsque la profondeur finale sera atteinte.

La conduite d'eau motrice, en acier étiré sans soudure a 70×92 mm. de diamètre ; la conduite de retour, en fer soudé par recouvrement, a 80×94 mm. de diamètre.

Les pompes jumelles souterraines ont 144 mm. de diamètre au piston moteur et 260 au plongeur de l'exhaure. La course commune est de 800 mm. et la vitesse de 20 coups doubles, par minute, pour chaque pompe.

La conduite de refoulement, en fer soudé par recouvrement, a un diamètre extérieur uniforme de 244 mm. et un diamètre intérieur variant de 225 mm. dans le bas à 230 dans le haut.

Toutes les conduites sont galvanisées.

L'air comprimé est envoyé aux accumulateurs du fond à l'aide d'un tube en cuivre rouge, par un petit compresseur système Kaselowsky, pouvant comprimer de l'air à la pression de 100 kg.

Enfin, la machine du jour est alimentée par une batterie de chaudières Buttner timbrées à 8 kg.

Tous ces appareils, construits par MM. Biétrix, Leflaive, Nicolet et Cie, de Saint-Etienne, sont actuellement en montage.

Pompe électrique du puits de la Loire. — La Société des Mines de la Loire exposait les plans d'une pompe actionnée par l'électricité, pour l'épuisement des eaux au puits de la Loire.

Ce puits, de 530 m. de profondeur, a exploité différentes couches par une recette d'accrochage établie à 350 m. de l'orifice ; les eaux qui arrivent des différents travaux à cette recette représentent un cube de 500 m. par 24 heures. Avant d'installer une nouvelle recette à 520 m. de profondeur pour exploiter la huitième couche, il était rationnel de remonter directement au jour les eaux de la recette 350, au lieu de les envoyer au fond du puits.

Dans ces conditions, une pompe intérieure était indiquée puisque cette pompe ne pourra jamais courir le risque d'être noyée. Il restait le choix du moteur. La vapeur, transportée à 350 m. dans un puits d'entrée d'air, donne une grande condensation et elle a l'inconvénient de contrarier l'aérage ; d'autre part, l'air comprimé assure un rendement très faible ; la Société s'est donc décidée pour l'électricité.

Pour un transport de force à 350 m., le courant continu a paru plus simple que le triphasé, étant donné qu'il n'y avait pas à redouter d'in-

flammation de grisou par les étincelles électriques, et moins coûteux.

La venue d'eau étant de 500 m^3 en 24 heures, les dynamos et les pompes ont été construites pour les remonter au jour en 20 heures, à raison de 25 m^3 à l'heure. La machine à vapeur, qui actionne par courroie la dynamo génératrice, est à un seul cylindre de 0^m,46 de diamètre et 0^m,60 de course, et à détente ; elle tourne à 120 tours et reçoit la vapeur à 7 kg. ; sa puissance minima est de 100 chevaux.

On a adopté, pour les dynamos, une force électromotrice de 500 v., qui offre peu de danger pour le personnel.

La génératrice produira aux bornes 80 chevaux environ (500 volts, 120 ampères); en la reliant avec la réceptrice par des câbles de 75 mm^2 de section, la perte dans la ligne sera approximativement de 4 1/2 0/0; en y ajoutant la perte due à la résistance de la dynamo réceptrice, on disposera sur l'arbre de celle-ci de 70 chevaux environ.

Le tableau de distribution du jour comprend les appareils de mesure habituels. La dynamo réceptrice, excitée en dérivation comme la génératrice, a son tableau de distribution avec un rhéostat de démarrage pour la mise en marche et un rhéostat de champ permettant de faire varier la vitesse de 20 0/0 en plus ou en moins.

L'arbre de la dynamo réceptrice porte une vis sans fin en acier qui commande une roue hélicoïde à denture de bronze. L'arbre de la roue hélicoïde porte deux tourteaux-manivelles commandant deux pompes ; les manivelles sont calées à 180°. Les pompes sont à pistons plongeurs de 0^m,15 de diamètre et 0^m,50 de course ; leur vitesse normale est de 40 coups à la minute.

Enfin, la conduite de refoulement des pompes est composée de tuyaux en acier étiré ayant 0^m,100 de diamètre.

La machine motrice, les dynamos et les pompes sont terminées ; mais l'ensemble n'a pas encore été mis en marche par suite d'un retard dans la livraison des tuyaux de la conduite de refoulement.

Les dynamos et les pompes ont été construites par la maison Couffinhal et fils de Saint-Etienne.

Pompe électrique des Mines de Roche-la-Molière et Firminy. — Au district de la Malafolie, l'épuisement a été concentré jusqu'ici au puits Saint-Thomas, qui est muni de deux machines, l'une extérieure du type Cornouailles à balancier, l'autre souterraine. Ces deux pompes, qui sont disloquées par les mouvements de mine et qui immobilisent d'importants massifs de houille, vont être remplacées par une pompe

souterraine, mue par l'électricité, dont la Compagnie de Roche-la-Molière exposait les plans.

Cette pompe, actuellement en montage au puits Monterrad n° 2, est du système Jandin, à deux pistons plongeurs de 160 mm. de diamètre et 500 mm. de course ; elle s'accouple directement, par un manchon Zodel, à un moteur triphasé d'une puissance effective de 200 chevaux, sous la tension composée de 1 000 volts, 18,5 périodes. A la vitesse de 100 tours par minute, la pompe peut épuiser 3 240 m³ en 20 heures, de la profonneur de 260 m. La chambre a les dimensions suivantes : longueur, 8 m, largeur, 5m,30, hauteur, 5m,40,

La conduite de refoulement a 225-245 mm. de diamètre ; elle est logée, ainsi que la canalisation électrique, derrière les moises de guidage du puits.

La station génératrice d'électricité comprend :

1° Un générateur à courants triphasés, pouvant développer 300 chevaux, pour $\cos \varphi = 0{,}80$, à la tension de 1 000 volts, 18,5 périodes, 100 tours par minute.

2° Une machine à vapeur de 570×875 type Corliss, à condensation, directement accouplée à la dynamo génératrice par un manchon Zodel.

3° Une batterie de trois chaudières multitubulaires, dont une de relai, pouvant produire 3000 kg. de vapeur à l'heure sous une pression de 8 kg.

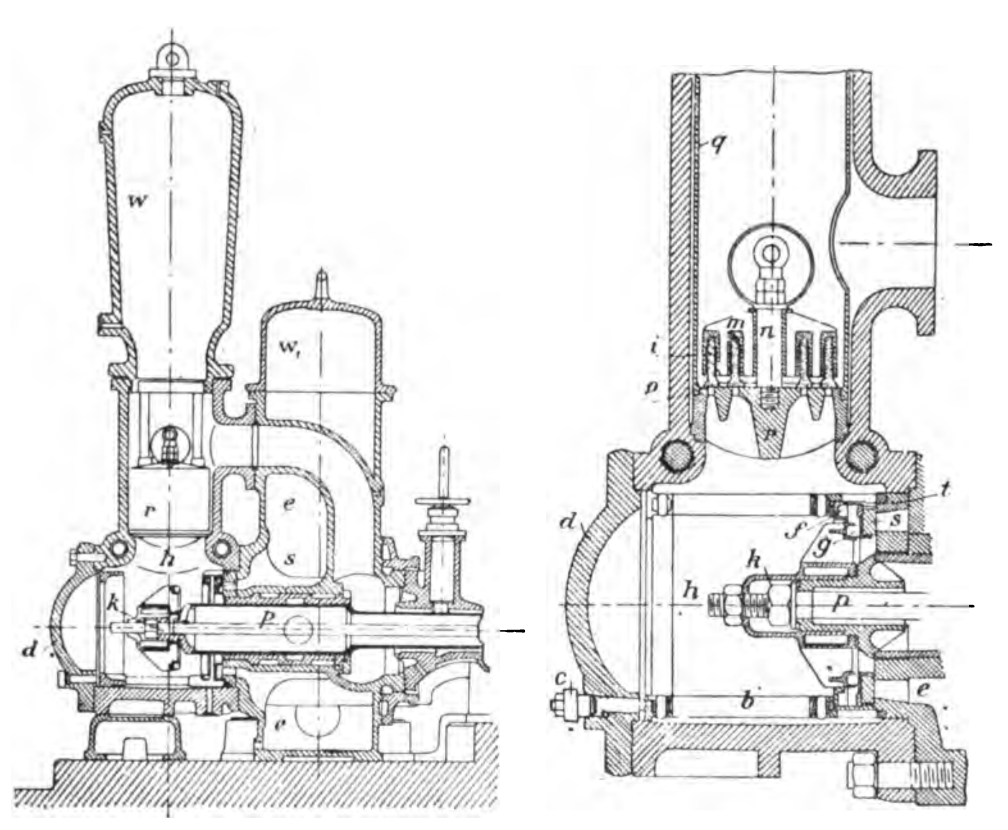
Le bâtiment de cette station d'électricité est prévu pour recevoir un deuxième groupe électrogène.

Pompe express Riedler à commande électrique. — L'Allgemeine Electricitäts Gesellschaft de Berlin exposait une pompe de mine à grande vitesse, système du professeur Riedler. Cette machine, qui fonctionnait dans la section allemande de la classe 63, est attaquée directement par un moteur à courant triphasé tournant à 290 tours ; elle peut refouler 1 100 lit. d'eau par minute à 250 m. de hauteur.

La pompe est à trois pistons ; chaque piston *p* (voir fig. 51 et 52) assure, par la soupape *s*, la circulation de l'eau de la chambre d'aspiration *e* vers le corps de pompe *h*. Le mouvement inverse du piston fait passer l'eau par la soupape *r* dans les conduites de refoulement munies du réservoir d'air *w*.

La soupape d'aspiration *s* se compose d'un simple anneau en métal, ou en bois avec armature métallique ; son siège *t* est maintenu par un corps muni de tiges *b*, qui forment en même temps les guides de la

soupape. Au moyen des boulons c adaptés au couvercle d, le corps des guides se trouve consolidé ; il sert en même temps de butoir à la soupape et grâce à la bague de contact f, en caoutchouc, le travail se fait sans bruit. Comme la soupape ne comporte pas de ressort et que son poids est entièrement supporté, elle n'oppose presque pas de résistance à l'eau qui arrive ; elle reste ouverte jusqu'à la fin de la période d'aspiration et se trouve ensuite directement fermée par la tête du piston k, au point mort de la manivelle. La tête du piston est également munie d'un anneau en caoutchouc g qui sert de contact et amortit le choc.



Ensemble.
Fig. 51. — Pompe express Riedler.

Détails.
Fig. 52. — Pompe express Riedler.

Le changement des soupapes d'aspiration se fait facilement et rapidement ; après avoir ouvert le couvercle d, on retire simplement le butoir ; on enlève la tête k du piston et on sort la soupape s avec son siège.

La soupape de refoulement se compose d'anneaux o, placés sur le

siège *r*, et chargés de ressorts en caoutchouc *i*, qui sont fixés par le corps *m* et le boulon à vis *n*. Grâce à la vis du réservoir *w* et au corps intermédiaire *q*, la soupape *r* est maintenue en place et on peut la retirer complètement après avoir enlevé le réservoir d'air comprimé *w*.

Les anneaux des soupapes peuvent être approvisionnés en assez grande quantité et les parties en bois se réparent sur place ; l'application de ces parties en bois présente l'avantage d'un remplacement facile et assure la conservation des soupapes elles-mêmes.

Dans le réservoir d'air *w*, le niveau de l'eau est toujours au-dessus de la soupape d'aspiration, de sorte qu'il se trouve toujours une certaine quantité d'eau dans le voisinage de celle-ci ; on évite ainsi un arrêt dans la colonne aspirée, puisque l'eau contenue dans le réservoir s'écoule toujours avec une certaine pression.

Les pompes express Riedler, dont l'exploitation est toute récente (1898), sont appliquées en Allemagne dans un certain nombre de houillères, pour l'épuisement souterrain.

Pompe d'épuisement à commande électrique de Carmaux. — La Société des Mines de Carmaux exposait le modèle réduit d'une pompe à trois corps horizontaux à simple effet et à pistons plongeurs actionnés par un arbre à trois coudes portant une roue dentée qui fait 90 tours par minute. Cette roue reçoit son mouvement d'un pignon en cuir vert, monté sur l'arbre de l'induit d'un moteur électrique à courant triphasé qui fonctionne à la vitesse de 490 tours, sous 240 volts. La pompe peut refouler 60 m^3 d'eau à l'heure à une hauteur de 200 m ; l'emplacement occupé par l'ensemble du système mesure $3^m,20$ de longueur, $1^m,40$ de largeur et $1^m,20$ de hauteur.

Deux appareils de ce type, construits par la Société Alsacienne de Belfort, assurent actuellement, aux puits de la Grillatié et de Sainte-Marie, le service de l'épuisement souterrain.

Pompe d'épuisement Ehrhardt et Sehmer, à grande vitesse et à commande électrique. — MM. Ehrhardt et Sehmer, constructeurs à Saarbruck, exposaient une pompe qui fonctionnait dans la classe 63 par l'intermédiaire d'une dynamo directement attelée sur l'arbre.

La machine se compose de 3 systèmes identiques de pompes à piston plongeur à simple effet. Les plongeurs ont un diamètre de 105 mm. et une course de 200 mm ; la commande se fait par un arbre à trois coudes et les bielles correspondantes. Les quatre paliers de l'arbre moteur sont venus de fonte avec le bâti, disposé en forme d'auge. Les huiles

qui ont servi au graissage se rassemblent dans l'auge, fermée à l'avant par un couvercle en tôle pour éviter les projections (fig. 53 et 54).

Une pompe, fixée latéralement au bâti, aspire l'huile dans l'auge et la refoule dans un réseau de conduits qui la distribuent aux différents points de graissage ; il en résulte une circulation continue à travers toutes les articulations et tous les coussinets du mécanisme. D'autre part, une pompe Mollerupt envoie de l'huile dans des rainures spéciales, ménagées en arrière des boites à étoupes, et entretient celles-ci en bon état de lubréfaction, de sorte que la pompe peut fonctionner pendant 6 heures au moins sans aucune surveillance.

Plan.
Fig. 53. — Pompe Ehrhardt et Sehmer.

Fig. 54. — Pompe Ehrhardt et Sehmer. — Coupe d'un corps de pompe.

La construction des réservoirs d'air à l'aspiration et au refoulement, celle des soupapes et de tout le mécanisme, sont basées sur les principes d'établissement des pompes à grande vitesse et les dimensions d'encombrement sont réduites au minimum.

La pompe peut refouler 1 000 à 1 250 lit. par minute, d'une profondeur de 250 à 300 m. à la vitesse de 200 à 250 tours.

Pompes électriques Pinette. — M. Pinette, constructeur à Châlon-sur-Saône, exposait dans la classe 63 deux pompes électriques pour mines.

La première, destinée aux mines de la Grand'Combe, a des pistons de 175 mm. de diamètre pour 350 mm. de course ; à la vitesse de 80 tours par minute, elle refoulera 100 m^3 à l'heure à 100 m. de hauteur ; mais tous ses organes sont calculés pour permettre d'élever 90 m^3 à 300 m. de hauteur, en changeant le moteur et les engrenages. La dynamo de commande, à courant alternatif, a été construite par la Société Alsacienne de Belfort.

La seconde pompe est analogue à celles qui ont été fournies aux mines de Dombrowa. Elle est prévue pour élever 10 m^3 à l'heure à 100 m. de hauteur ; ses pistons ont 95 mm. de diamètre pour 100 mm. de course ; elle est commandée par une dynamo Thury à courant continu de MM. Schneider et Cie.

Pompe électrique Ganz. — La Société Ganz et Cie exposait, dans la section hongroise des groupes IV et V, une pompe électrique de mine, à trois pistons plongeurs de 175 mm. de diamètre pour une course de 220 mm.

Cette machine peut débiter 60 m^3 à l'heure à la vitesse de 72 tours par minute. L'électromoteur pour courant triphasé, qui actionne la pompe, est capable de développer 12 chevaux à la vitesse de 800 tours. Le pignon en cuir de ce moteur donne le mouvement à l'arbre des pompes par l'intermédiaire d'une roue d'engrenage en fonte, et afin d'assurer la marche silencieuse, les dents sont taillées d'une façon spéciale.

Les dimensions d'encombrement de l'ensemble sont réduites au minimum ; le moteur est installé sur la plaque de fondation de la pompe, le montage et le démontage s'effectuent rapidement et les soupapes sont bien accessibles.

Pompe électrique d'épuisement des charbonnages de l'Espérance. — La Société des charbonnages de l'Espérance et Bonne-Fortune présentait dans la section belge de la classe 63, les plans d'une pompe électrique récemment installée au puits Saint-Nicolas.

L'épuisement s'effectuait auparavant au moyen d'une machine rota-

tive de 190 chevaux, actionnant trois jeux de pompes Rittinger et un double jeu de pompes aspirantes; cette machine prenait les eaux à 245 m. de profondeur, dans un réservoir; au-dessous de cette cote, l'épuisement était obtenu par bennes avec la machine d'extraction.

En 1899, une chambre souterraine, avec puisard et réservoirs, fût creusée au chargeage de la couche « Dure-Veine », à 362 m. de profondeur, et dans cette chambre, fût établie une pompeuse électrique, à trois corps à simple effet.

Les plongeurs, de 115 mm. de diamètre et 500 mm. de course, sont actionnés par un arbre à trois manivelles calées à 120°; cet arbre est commandé par un électromoteur asynchrone triphasé, du système Boucherot, fournissant à la vitesse de 330 tours par minute, une puissance de 125 chevaux. Un manège d'engrenages réduit cette vitesse à 60 tours, sur l'arbre qui conduit les plongeurs.

La pompe est capable d'élever 70 m^3 d'eau à l'heure et suffit à assurer l'épuisement du siège Saint-Nicolas.

L'électromoteur est alimenté par le courant produit à la station centrale du siège Espérance, dont nous avons parlé au chapitre de la force motrice.

Galerie à la mer des charbonnages des Bouches-du-Rhône. — La Société nouvelle des charbonnages des Bouches-du-Rhône présentait un certain nombre de dessins relatifs au percement d'un tunnel de 15 km., en voie d'exécution, pour l'écoulement à la mer des eaux de ses mines de lignite.

L'extrême abondance des eaux souterraines, au cours des années pluvieuses, avait entravé l'exploitation des lignites du bassin, dès le début de l'entreprise.

Les terrains encaissant les couches sont formés d'assises calcaires coupées et fendillées; par toutes ces cassures, l'eau de pluie pénètre et s'infiltre, tendant à remplir les cavités que l'exploitation lui prépare. Pendant longtemps, on n'eût d'autre remède que d'attendre la fin des saisons de pluie.

En 1814, on commença à creuser une galerie d'écoulement de 750 m. qui fût achevée en 1822; d'autres galeries suivirent, en même temps qu'on fonçait un certain nombre de puits verticaux pour obtenir une extraction par manèges, puis par machines à vapeur; mais, à mesure que les travaux s'approfondissaient, l'écoulement naturel par les galeries d'exhaure devenait insuffisant; il fallut alors recourir aux pompes

d'épuisement qui, elles-mêmes, dans certains cas, ont été impuissantes à maîtriser les venues d'eau.

En 1886, la Société des Charbonnages seule possédait, dans une de ses divisions, six machines d'épuisement représentant 1 000 chevaux effectifs et pouvant sortir 33 m³ d'eau à la minute. En outre, deux galeries, de Valdonne à la cote 252 et de Fuveau à la cote 230, récoltaient une bonne partie des eaux venant des étages supérieurs. De son côté, le nouveau siège d'exploitation de Gardanne était muni de moyens particuliers d'assèchement ; aux deux galeries Mallet, à la cote 242, et Saint-Pierre, à la cote 224, venaient s'ajouter successivement trois pompes Tangye pouvant débiter ensemble 2 m³ et une pompe élévatoire mue par un moteur horizontal à action directe, avec distribution système Davey (1888). On se rendra compte des énormes quantités d'eau qui affluent, dans ces mines, par l'examen des chiffres suivants, correspondant, pour l'année 1887, au champ d'exploitation des puits Castellane et Léonie :

Charbon produit	129 608 tonnes
Eau extraite par les pompes	9 906 557 m³
Millimètres d'eau de pluie.	878 mm
Eau extraite par tonne de charbon	76 434 litres

Malgré ses puissants moyens d'épuisement, la Société des Charbonnages ne pouvait rester maîtresse du terrain. A chaque saison pluvieuse, elle abandonnait une partie de ses chantiers pour n'y rentrer qu'au bout de longs mois. En 1887, elle a dû reconnaître son impuissance à continuer la lutte, la baisse des prix de vente ne lui permettant plus de supporter les frais énormes de l'épuisement. Il fallut battre en retraite, délaisser la partie la plus étendue et la plus aquifère du gisement et reporter toute l'activité sur des quartiers n'exigeant que des épuisements modérés.

Antérieurement à cette époque, l'accroissement continu des venues d'eau qui affluaient dans les exploitations de lignites de Fuveau et l'insuffisance de tous les moyens d'exhaure successivement accumulés, avaient fait naître la pensée d'une solution radicale et l'idée d'une grande galerie d'épuisement, capable d'assécher une partie importante du bassin, prenait naissance. Après une série d'études préliminaires, la Société demandait, en 1878, une déclaration d'utilité publique, en sollicitant du Ministère des Travaux Publics une concession de galerie à la mer de 14 859 m. avec chemin de fer souterrain. Le projet, examiné, remanié par les différentes Administrations intéressées, fut enfin accepté par le

Conseil général des Mines, en 1888, tel que l'avait présenté la Société et le décret d'utilité publique fut notifié en 1889, onze ans après la demande !

Sans attendre cette notification, en vertu d'un arrêté préfectoral du 10 août 1886, la galerie avait été creusée sur 225 m. de longueur. Le décret paru, on procéda aux formalités d'expropriation et le 15 décembre 1890, on reprit l'avancement de la galerie.

Le 11 juin 1892, la galerie avait traversé l'étage miocène; elle atteignait 2 810^{m},50 de longueur et elle avait dû être revêtue de maçonnerie au fur et à mesure de l'avancement ; sa section, de forme ovale, divisée

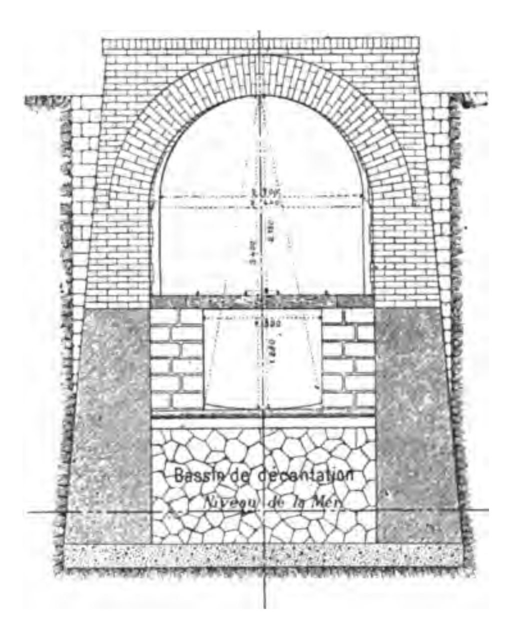


Fig. 55. — Galerie à la mer. — Entrée provisoire du tunnel.

en deux parties par un plancher jointif en bois de 12 cm. d'épaisseur, se compose d'une cunette centrale de 1^{m},30 sur 1^{m},10, sous le plancher, pour l'écoulement des eaux, et d'un compartiment supérieur de 2^{m},28 sur 2^{m},20 pour le roulage Le creusement se faisait au moyen du petit perforateur à main Berthet, avec lequel on a obtenu, par attaque, un avancement journalier moyen de 4^{m},902, muraillement compris.

Le 11 juin 1892, en touchant le calcaire de l'Urgonien, on découvrit une première source de 3^{m3},500 par minute, bientôt après une deuxième source de 950 lit., puis, sur 20 m. de longueur (2^{km},810 à 2^{km},830) diverses fentes aquifères dont les débits, joints aux précédents, donnèrent un total de 5 1/2 à 6 m^{3} à la minute.

A 2^{km},350, une autre fente aquifère fit passer le débit de 6 à 12^{m3},500.

En décembre 1892, l'avancement fût arrêté pour édifier entre 2^{km},802 et 2^{km},828, un cuvelage en fonte de 3^{m},27 de diamètre et 30 mm, au minimum, d'épaisseur de métal.

Le 1er février 1893, on découvrait de nouvelles sources débitant 23 m^3, de sorte que la venue atteignait 35^{m3},640 par minute.

Nouveaux cuvelages en béton, puis en fonte, entre 2^{km},846 et 2^{km},910.

L'avancement total avait été laissé à 2^{km},887 le 12 septembre 1893 et le débit total de la galerie avait atteint 40^{m3},200. Il fut repris vers la fin de mars 1894 et le 21 juin, il était à 2^{km},950. Dans ce parcours de 63 m, les nouvelles sources rencontrées avaient porté le débit à 50^{m3},016 par minute.

Ainsi, pour creuser la galerie sur une longueur de 150 m. et pour établir les cuvelages, on avait mis deux ans ; ce laps de temps indique l'importance des difficultés rencontrées pour la construction des cuvelages.

La fermeture des cuvelages fournit une quantité considérable d'eau sous une pression qui a varié entre 11 kg. et 7 kg. suivant les quantités tombées à la surface. On songea à utiliser cette eau sous pression comme force motrice, pour actionner une dynamo et des perforatrices électriques appliquées au creusement de la galerie.

Cette installation fût faite dans les derniers mois de 1895. Elle se compose essentiellement d'une turbine à action directe (type Pelton), mue par l'eau prise aux cuvelages, commandant une dynamo à courants triphasés capable d'absorber 50 chevaux à la vitesse de 600 tours et de fournir une énergie électrique de 33 kilowatts sous 120 volts de tension. Cette dynamo, installée d'abord dans le cuvelage, de 2^{km},898 à 2^{km},910, a été transportée en 1897 à 4^{km},575.

La ligne, fixée sur des isolateurs scellés au toit de la galerie, se compose de trois fils de cuivre non recuit de 8 mm. de diamètre.

Le chariot des perforatrices, établi pour une galerie de 2^{m},40 de largeur sur 2^{m},20 de hauteur et pour une voie de 526 mm. d'écartement entre rails, porte trois perforatrices rotatives Bornet, actionnées par des électromoteurs de 3 chevaux chacun au moyen d'engrenages et de tiges extensibles munies de joints universels à leurs extrémités.

Les perforatrices ont une course de 1^{m},100 ; elles permettent de forer un trou de 35 à 45 mm. avec un avancement de 80 à 120 mm. par minute, suivant la dureté du terrain, à n'importe quel endroit du front de taille jusqu'à 10 cm. des parois ; elles sont munies de fleurets creux à injection d'eau.

La perforation électrique a commencé à fonctionner le 1er février 1896, quand la galerie était au kilomètre 3,603. En intéressant le personnel avec des primes sur l'avancement, on a pu obtenir à certains moments, dans le calcaire de dureté moyenne, un avancement quotidien moyen de $5^m,70$.

Pour assurer l'aérage à partir du puits Saint-Joseph, point $2^{km},537$, jusqu'au point de percement avec les travaux du puits de la Mûre dont il sera parlé plus loin, c'est-à-dire jusqu'au point $6^{km},543$, on a installé dans la galerie, au point $2^{km},880$, un ventilateur Geneste et Herscher actionné par une turbine de 15 chevaux, mise en mouvement par l'eau sous pression.

Les wagonnets de déblai sont amenés, de l'avancement au point $4^{km},550$, par des chevaux ou par une locomotive électrique, et du point $4^{km},550$ à la Madrague, par un câble sans fin entraîné au moyen d'une turbine recevant de l'eau sous pression et pouvant donner le mouvement dans les deux sens.

Le 2 octobre 1893, on commençait, au lieu dit la Mûre, correspondant au point $6^{km},635$ de la galerie, un puits de 330 m. de profondeur; il était terminé fin avril 1896. Au bas de ce puits, à la cote 7,66 au-dessus du niveau de la mer, deux galeries furent attaquées, l'une vers Gardanne, l'autre vers la Madrague; mais l'affluence de l'eau obligea de les arrêter, l'une au point $6^{km},658$, l'autre au point $6^{km},543$ de la galerie.

En mars 1897, la galerie recoupait, entre les points $4^{km},551$ et $4^{km},623$, dans un calcaire dolomithique, une série de cavernes donnant une venue d'eau de 11 à 12 m^3 par minute qu'il fallut capter avec un cuvelage mixte, fonte et béton de ciment.

En mars 1899, dans les calcaires de l'Urgonien, nouvelle venue d'eau sous pression de $8^{m3},400$, régnant entre $6^{km},400$ et $6^{km},543$. Elle obligeait à construire un nouveau cuvelage de 143 m. dont on ajourna l'exécution.

Le 2 mai 1899, la galerie perçait au point $6^{km},543$ dans la partie de galerie faite en 1896 par le puits de la Mûre et le 6 juin, on reprenait l'avancement; le 7 juin, on découvrait au mur une coupe verticale donnant 1 200 lit. et le 30 juin, une autre coupe donnant 13 m^3 par minute, au point $6^{km},700$.

L'avancement dût être arrêté au point $6^{km},712$, après qu'on eût aveuglé provisoirement par un picotage en bois la dernière source, pour permettre d'exécuter le cuvelage projeté de 143 m, auquel on donna un

diamètre de $3^m,24$; le tiers inférieur fût construit en fonte et les deux tiers supérieurs en béton de ciment.

L'avancement, repris le 1[er] janvier 1900, atteignait au 31 mars le point 7 km., dans les calcaires dolomithiques avec petites poches de sable. On se propose de cuveler la source du point $6^{km},700$ et de réunir par des tuyaux les eaux de ce cuvelage avec celles du cuvelage de 143 m. On disposera alors de 22 m^3 d'eau sous une pression supérieure à 7 kg., pour installer au bas du puits de la Mûre une dynamo et le ventilateur Geneste et Herscher.

Avec cette nouvelle disposition, on pourra atteindre le point $11^{km},700$ où l'on compte rencontrer une attaque venant de Gardanne vers la mer.

Cette attaque qui a été prise au bas du puits d'exploitation « Ernest Biver », à l'extrémité même de la galerie, point $14^{km},700$, a actuellement 1 200 m. de longueur dans le terrain à lignite du bassin de Fuveau ; on croit pouvoir faire un avancement de 1 800 m. sans sortir de ce terrain, et par conséquent sans venues d'eau notables.

La galerie serait alors terminée en 1902.

CHAPITRE VII

MÉTHODES D'EXPLOITATION

Les Sociétés minières se sont abstenues, en général, d'exposer des reliefs de leurs méthodes d'exploitation, soient qu'elles aient pensé que ces modèles n'intéresseraient qu'un nombre assez restreint de visiteurs, soit que ces méthodes, appropriées à chaque couche, tout en conservant les grandes lignes communes à leur ensemble, aient subi trop de transformations particulières pour faire ressortir la caractéristique de l'exploitation du gîte.

D'ailleurs, la question est traitée assez souvent dans les publications spéciales aux mines pour que cette lacune puisse être facilement comblée.

Méthodes d'exploitation de la Société des Mines de la Loire. — Elles se résument en trois types :

1° Exploitation par tranches horizontales.

2° Exploitation par grandes tailles montantes.

3° Exploitation par grandes tailles chassantes.

La Société des Mines de la Loire présentait les plans des travaux de trois couches où ces méthodes sont employées.

1° *Tranches horizontales de la troisième couche au puits Montmartre.* — La troisième couche, au puits Montmartre, a une puissance variable de 10 à 20 m ; elle est très irrégulière, elle forme un véritable amas et elle ne dégage pas de grisou.

Le champ d'exploitation est compris entre les cotes 525 et 570 au-dessus du niveau de la mer ; il est divisé en trois étages : le premier de 15 m, le second de 10 m, le troisième de 20 m.

On enlève d'abord l'étage supérieur qui est divisé en tranches de $2^m,30$ prises de bas en haut. Pour préparer une tranche, on trace un niveau au mur et un niveau au toit, reliés par des recoupes qui ont de 30 à 50 m. de longueur, suivant l'allure très variable du mur et du toit.

Le niveau du mur est relié au niveau à remblais par deux ou trois

plans inclinés qui sont utilisés tour à tour lorsque se fait le traçage de la tranche supérieure.

Chaque tranche est enlevée par grandes tailles chassantes allant du niveau du mur au niveau du toit ; au-dessus du boisage de chaque tranche, on fait un véritable plafond avec des planches jointives, afin d'éviter le mélange des remblais d'une tranche avec le charbon de la tranche immédiatement supérieure. Les remblais se font pendant le jour. Un piqueur chargé de l'abatage et du boisage de son chantier, produit environ 7 tonnes de charbon par jour.

2° *Tailles montantes de la huitième couche au puits Châtelus n° 2.* — La huitième couche a une puissance de 6 à 8 m, divisée parfois en deux bancs par un entre-deux ; cette couche est formée de bancs régulièrement stratifiés ; son inclinaison est de 25 à 30 cm. par mètre ; elle ne dégage pour ainsi dire pas de grisou et elle est peu ébouleuse.

Dans ces conditions, la méthode par grandes tailles montantes a paru préférable à toutes les autres, car elle a l'avantage de permettre le chargement direct du charbon au front de taille ; de cette façon, on ne brise pas les grêles et on évite le mélange des charbons propres et des charbons sales. Cette méthode serait critiquable si la couche était grisouteuse ; mais ce n'est pas le cas de la huitième du puits Châtelus n° 2.

Le traçage des niveaux se fait par tailles chassantes de 12 m. de largeur avec un massif de remblais de 7 à 8 m., laissant de chaque côté un niveau qui assure l'aérage du front de taille, et on dépile par tailles montantes de 30 à 50 m. de longueur en prenant à partir du mur une épaisseur de charbon de 2^{m},30 ; la deuxième tranche marche sur les remblais de la première avec cette même hauteur de 2^{m},30 ; la troisième et dernière tranche a une haute variable suivant la puissance de la couche.

Les piqueurs produisent, tout en faisant le boisage de leur chantier, 7 à 8 tonnes par jour.

3° *Tailles chassantes de la huitième couche au puits de la Chana.* — La huitième couche, au puits neuf de la Chana, n'a que 3^{m},80 de puissance dans le quartier où elle est actuellement exploitée ; son inclinaison est de 30 à 40 cm. par mètre ; elle est très ébouleuse et donne une assez grande quantité de grisou. Il était impossible d'exploiter cette couche par grandes tailles montantes à cause du grisou et de la nature très ébouleuse du toit.

On enlève la couche par tailles chassantes de 25 à 30 m. de hauteur; elle a 3m,80 d'épaisseur, y compris au toit, une planche de charbon de 60 cm, de très mauvaise qualité, qui ne vaut pas la peine d'être exploitée. On enlève donc seulement 3m,20 de charbon que l'on prend en une seule tranche.

Comme il serait difficile de boiser directement à cette hauteur de 3m,20, le boisage se fait en deux fois; on place des flandres sous le toit, espacées de 70 cm. environ et on les soutient par des chandelles provisoires qui reposent sur un gradin de charbon de 1m,20. On enlève ce gradin après, en plaçant sous les flandres des cadres dont les montants portent sur le mur et qui constituent le boisage définitif.

Les remblais descendent du jour et les parties terreuses sont maintenues par des murs en pierres sèches bien fermés contre le toit et distants de 1m,50 environ; des couloirs en tôle amènent le remblai à la partie inférieure des chantiers; des couloirs semblables servent à amener dans les bennes les charbons abattus au front de taille.

Chaque piqueur produit, dans la huitième couche du puits de La Chana, 7 à 8 tonnes de charbon, tout en faisant le boisage qui demande beaucoup de soin.

L'aérage est obtenu par un ventilateur Rateau, et malgré la nature très grisouteuse de la couche, la teneur en grisou relevée dans le retour d'air ne dépasse presque jamais 3 millièmes.

Méthode d'exploitation d'Aubin.— La Société des Aciéries de France exploite dans les concessions de Cransac et des Issards, des couches de houille puissantes, d'une épaisseur de 0 à 40 m. et d'une inclinaison variant de 25 à 70°.

Elles sont en lentilles, avec une longueur en direction de 150 à 500 m.

Les charbons qui composent ces diverses couches passent de la plus grande dureté, dans certains quartiers, à un état presque pulvérulent dans d'autres; elles sont toujours très inflammables, avec un toit généralement difficile à soutenir et inflammable lui-même.

Il s'agissait de trouver une méthode d'exploitation compatible avec les variations d'allures, la différence de dureté des charbons rencontrés, leur inflammabilité, les difficultés de soutènement du toit et les nécessités du prix de revient.

La méthode appliquée au gisement du Parc et choisie comme type dans la description suivante, parce qu'elle répond à toutes les conditions

précédemment énoncées, peut se définir : *Méthode de déhouillement avec remblais complets par recoupes contiguës, horizontales, et par tranches horizontales uniques descendantes sous remblais.*

Création d'un étage. — On divise la couche en étages de 30 à 50 m. de hauteur. A la partie supérieure de l'étage et dans la partie stérile, au mur de la couche, se trouve la galerie d'arrivée des remblais AA' (fig. 56).

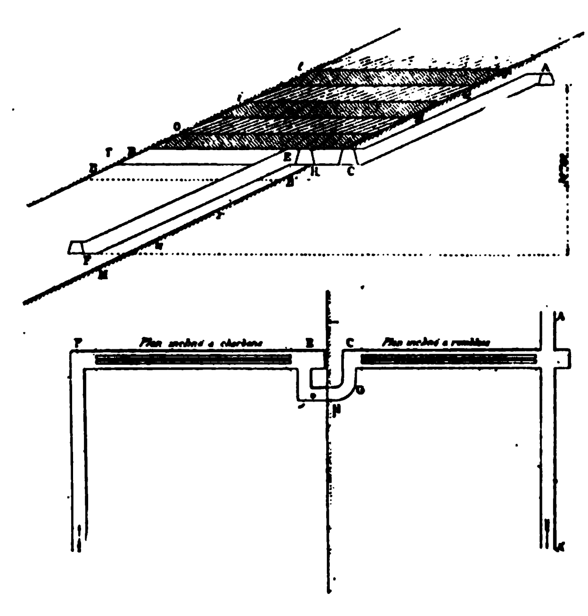


Fig. 56.

De cette galerie part un plan incliné, tracé également dans le stérile du mur, et qui descend dans un plan parallèle au mur de la couche, au fur et à mesure de l'exploitation, de façon que sa base se trouve toujours à niveau de la tranche en exploitation et amène les remblais dans cette tranche par le travers-bancs C G H, le niveau étant représenté par BC.

L'écoulement des charbons est assuré par un plan incliné E F qui relie la tranche en exploitation à la galerie de roulage F K, tracée à la base de l'étage, dans la couche même, et communiquant avec le puits d'extraction.

L'air entre par la galerie de roulage, monte dans la tranche en exploitation, soit par le plan incliné d'écoulement des charbons, soit par des montages que l'on est amené à établir en cours d'exploitation pour améliorer l'aérage ou activer les traçages.

La tête du plan incliné E F d'écoulement des charbons doit être placée aussi près que possible du point d'arrivée des remblais.

Comme on est toujours obligé de maintenir les galeries d'arrivée des remblais aux divers chantiers et les galeries d'accès de ces chantiers au plan à charbon, la communication entre la base du plan d'arrivée des remblais et la tête du plan d'écoulement des charbons doit rester ouverte jusqu'à épuisement complet de la tranche. En rapprochant la tête du plan à charbon du point d'arrivée des remblais dans la tranche, on diminue la longueur de cette communication et les frais très onéreux d'entretien de galeries que l'on dépile de part et d'autre.

Traçage et déhouillage d'une tranche. — Pour déhouiller une tranche, on la découpe au moyen de deux galeries conjuguées tracées, l'une au voisinage du toit, l'autre au voisinage du mur. Il semble qu'on pourrait procéder à ce traçage en établissant des galeries comme l'indi-

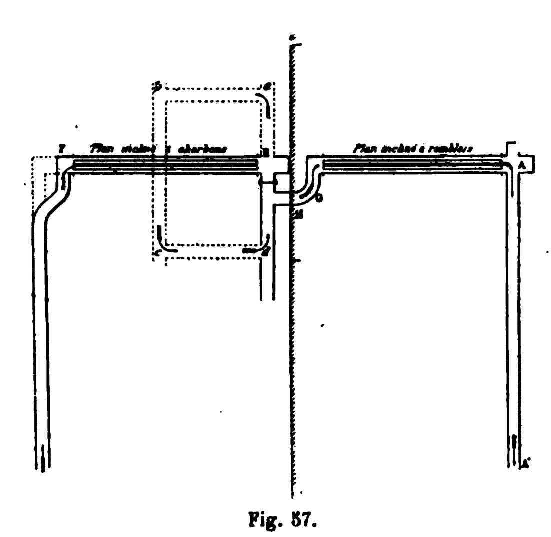


Fig. 57.

que le tracé en pointillé *abcd* de la fig. 57 et en faisant suivre à l'air le circuit marqué par les flèches. Mais cette méthode présenterait les inconvénients suivants :

1° La tête du plan serait déhouillée en dernier lieu, car les dépilages se rabattent des limites extrêmes assignées à l'exploitation, vers le plan incliné. Les galeries tracées sous des parties non dépilées forceraient beaucoup au moment du dépilage.

2° Les dépilages d'une tranche ne doivent commencer normalement qu'après l'arrivée des galeries de traçage à ces limites et, si on attendait pour commencer les traçages d'une tranche, le déhouillement complet de la tranche supérieure, on éprouverait au moment de la période de traçage, une notable diminution d'extraction.

On emploie donc un autre procédé ; il est tellement solidaire des travaux mêmes de dépilage, que pour plus de clarté, nous exposerons en même temps la méthode de dépilage et la méthode de traçage.

Supposons la tranche à enlever découpée par deux galeries M N et O P (fig. 58) placées l'une au voisinage du toit, l'autre au voisinage du mur, et reliées l'une à l'autre par des travers-bancs *ab*, *ca*, *ej* ; soit Q R la limite extrême assignée à l'exploitation qui est, suivant les cas, une faille, un coincement ou une limite conventionnelle. On donne à la tranche une épaisseur de $2^{m},80$; nous verrons en entrant dans le détail des dépilages, que c'est la dimension la plus convenable pour les chantiers. On a en couronne les remblais de la tranche précédente.

Fig. 58.

Pour procéder au déhouillage, on prendra entre la limite Q R des recoupes 1, 2, 3, 4 partant soit de la galerie placée au voisinage du toit, soit de la galerie placée au voisinage du mur.

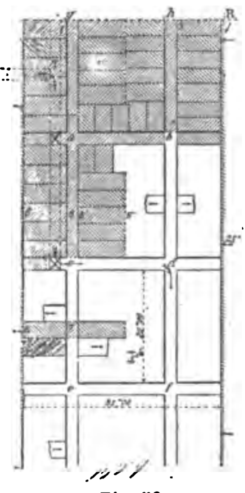
On pousse ces chantiers jusqu'au stérile et on les remblaie ; on en prend ensuite un second en face des premiers, puis des chantiers contigus. Les chantiers ont 3 m. de largeur. En même temps que les chantiers 1, 2, 3, 4 on prend d'autres chantiers 5, 6, 7, 8 situés à des distances égales à un multiple de 3 les uns des autres, partant de la galerie du toit, et vers le toit.

Dès que le chantier 5, 6 est fini, on en prend un second 5' 6', situé en face du premier et marchant cette fois vers le mur ; on a soin de l'arrêter quand il est arrivé sur la ligne médiane du pilier *a b c d* ; on remblaie alors ce second chantier et la galerie elle-même sur le prolongement du chantier. On continue l'enlèvement en prenant des recoupes contiguës aux premières, de sorte que le déhouillement prend à un moment donné l'aspect présenté par la fig. 3.

La partie sous le toit est complètement dépilée et remblayée, la partie sur le mur est en cours de dépilage et toujours en retard sur celle du toit, le roulage des charbons et l'arrivée des remblais se font par cette galerie du mur qu'on ne dépile entre deux travers-bancs, tels que *ab*, *cd*, qu'après l'épuisement de la région du toit. L'entretien est ainsi

réduit au minimum, puisque le roulage et l'aérage se font toujours par des galeries ayant leurs deux parements au charbon.

Pour amener l'air dans les travaux, on prolonge jusqu'en S (fig. 58) la galerie de base ; on la continue par un montage ST, de sorte que l'air suit le parcours indiqué par les flèches.


Fig. 59.

Ce montage sert de point d'attaque pour la galerie de traçage qui passe toujours au-dessous des parties dépilées et amène l'air, d'abord par la cheminée A, puis par la cheminée *c* lorsque la première est atteinte par les travaux de dépilage et remblayée. Les traçages et le courant d'air suivent donc les dépilages. Les galeries de traçage sont poussées seulement sur 1m,80 de hauteur. On ne passe pas ainsi sous des remblais frais et les réparations se font au charbon, sans enlever des remblais déjà mis en place.

On voit que rien n'empêche de dépiler de part et d'autre de la galerie du toit, bien avant d'entrer en dépilage dans la galerie du mur et que, par conséquent, on peut activer l'exploitation et les traçages autant qu'on le veut. Si les dépilages sont beaucoup en avance sous le toit, on peut faire les traçages par les cheminées telles que *c*, à la base desquelles on prend des avancements de part et d'autre. On remonte par ces cheminées les charbons provenant de l'avancement.

Quand les dépilages de la tranche B C arrivent au voisinage de la tête du plan incliné, la partie sous le toit est déjà dépilée et on raccorde le plan avec la galerie tracée depuis la limite assignée aux dépilages. On a pu, d'ailleurs, tracer la galerie du mur de la nouvelle tranche B' C' au fur et à mesure de l'avancement des dépilages, sur le mur dans la tranche en exploitation, et se raccorder avec le plan incliné d'arrivée des remblais, prolongé jusqu'à son niveau. On peut, dès lors, commencer les dépilages dans la nouvelle tranche B' C', qui est en pleine période d'exploitation lorsque la tranche B C entre en liquidation, c'est-à-dire lorsqu'il reste peu de charbons à enlever au voisinage de la galerie d'arrivée des remblais.

Dans cette période de liquidation, on peut être amené, pour diminuer l'entretien, à remblayer la tête du plan incliné d'écoulement des charbons au niveau de la tranche B C, écouler les charbons par un plan se-

condaire mettant en communication les niveaux B C et B' C' et enfin les rouler dans les galeries de cette dernière tranche jusqu'au plan principal à charbons.

On voit qu'à tout instant l'exploitation comporte une tranche en liquidation, une tranche en exploitation, une tranche en traçage.

Conduite d'un chantier de dépilage. — Les chantiers de dépilage sont menés sur $2^{m},80$ de hauteur et 3 m. de largeur.

Comme il a été dit précédemment, la galerie de traçage est poussée sur $1^{m},80$ seulement de hauteur. L'attaque du chantier comporte donc un abatage en couronne pour aller jusqu'aux remblais de la tranche supérieure, et un élargissage pour permettre la circulation facile dans la galerie et la pose des cadres d'entrée du chantier.

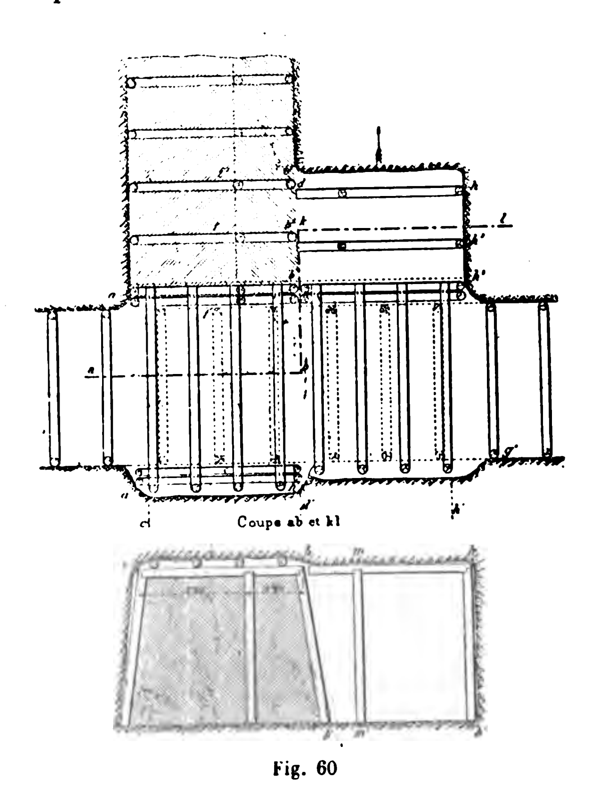


Fig. 60

On élargit donc la galerie sur 3 m. de longueur ; on supprime les anciens cadres et on soutient les chapeaux des nouveaux cadres *a b*, *a' b'* (fig. 60), parallèles à l'axe de la galerie, dits cadres de croisière. Ces cadres ont une longueur de chapeau de 3 m ; leur portée est diminuée par une butte *f* placée aux 2/3 de la longueur.

Ils constituent les cadres d'entrée du chantier. Pour augmenter leur résistance, on les redouble, puis on tombe les piédroits des cadres d'élargissage. On se trouve alors en mesure d'attaquer le chantier de dépilage et de pousser suivant les lignes *a c*, *b d*.

Dès qu'on a fait 1 m. environ d'avancement, on place le premier cadre de chantier, établi de la même façon que le cadre de croisière.

La ligne des buttes $f f^1 f^2$ constitue une gaine qu'on remblaie au fur et à mesure de l'avancement ; puis, lorsqu'on est arrivé à la limite de longueur assignée au chantier, on se rabat vers la galerie en remblayant et en enlevant les buttes $f f^1 f^2$; tout en faisant ce remblayage, les ouvriers conduisent le chantier au charbon *a' c' b' d'* et préparent l'entrée d'un nouveau chantier *b d*, *g h* qu'ils poussent dès que le premier est entré dans la période de remblayage.

La coupe du chantier *b d*, *g h* est cette fois un peu différente ; au lieu d'être entièrement au massif, il a d'un côté le charbon et de l'autre le remblai de la précédente recoupe. Les cadres, au lieu d'être formés de quatre pièces, sont formés d'un chapeau de 3 m. de longueur, d'un piédroit *h h* et d'une butte *m m* soutenant le chapeau aux 2/3 de sa longueur. La ligne des buttes forme une gaine que l'on remblaie comme dans le cas précédent, mais en ayant soin d'enlever, au tur et à mesure de la mise en place des remblais, les piédroits $b\, b^2\, b^3$, laissés dans le chantier précédent. Une fois le chantier arrivé à la limite qui lui est assignée, on remblaie en se rabattant vers la galerie et en enlevant les buttes $m\, m^1\, m^2$. Les piédroits $h\, h^2\, h^3$ seront enlevés quand on remblaiera la gaine du chantier contigu au chantier *b d*, *g h*. Tout en poussant le remblayage de ce chantier, les ouvriers conduisent le chantier au charbon *b'd'*, *g'h'*. On voit qu'une équipe d'ouvriers conduit toujours simultanément un chantier de remblayage et un chantier au charbon, disposition très favorable à l'effet utile.

Avantages de la méthode. — 1° Cette méthode s'applique à toutes les inclinaisons et à toutes les traversées.

2° Elle n'a aucune modification à subir, quelle que soit la dureté des charbons.

3° Quand un chantier arrive sur un point délicat, tel que toit ébouleux, terrains échauffés, tous les points découverts sont immédiatament accessibles et par suite faciles à surveiller.

4° Le courant d'air suit immédiatement les dépilages et permet d'obtenir pour les ouvriers les meilleures conditions d'effet utile.

5° Les remblais arrivent toujours à niveau dans les chantiers larges, bien boisés, et sont d'une mise en place facile.

6° Le soutènement se fait avec la plus grande régularité et le déboisage est presque complet, ce qui constitue un avantage très important au point de vue des feux qui se transmettent souvent d'une tranche à l'autre par les piédroits.

L'application rigoureuse de cette méthode a permis à la Société d'Aubin de réduire beaucoup le nombre de cas dans lesquels un feu peut se déclarer ; on arrive, du moins, à le circonscrire facilement. Un exemple frappant de son efficacité réside dans le petit nombre de feux que l'on a eu à combattre au contact du nerf très inflammable qui s'étend dans le centre de la lentille exploitée à la mine du Parc.

Quand la Société des Aciéries de France a pris possession des mines de la régie d'Aubin, la méthode employée était le découpage de la couche en sous-étages de 10 m. de hauteur verticale, dans lesquels on procédait à l'enlèvement du charbon par trois tranches montantes. Le feu envahissait généralement les travaux dès la deuxième tranche et on a perdu ainsi des étages de 30 m. de hauteur. L'adoption de la méthode par tranche unique descendante a permis, non seulement de déhouiller complètement les portions de gisement dont l'exploitation a été entreprise par la Société, mais encore de reprendre des quartiers abandonnés notamment au Fraysse, au Montet et au Fournol.

Méthode d'exploitation de Roche-la-Molière. — La Compagnie de Roche-la-Molière et Firminy exposait un modèle à l'échelle de 1/100 de la méthode d'exploitation de la grande couche du Ban, au puits du Ban.

Cette méthode ayant été décrite avec beaucoup de détail par M. Pasquet dans le *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, année 1898, nous n'en rappellerons ici que les grandes lignes.

Le modèle exposé représentait l'exploitation par tranches horizontales, prises dans l'ordre ascendant, et par grandes tailles chassantes, de la troisième tranche du septième étage et la préparation de la quatrième tranche.

Puissance de la couche	15 m.
Inclinaison	30°
Etage de 10 m. de hauteur pris en descendant.	
Longueur des tranches.	300 m.
Nombre de tailles par tranche.	5
Largeur des tailles	30 m.
Hauteur id.	2m,50

Production journalière par piqueur	6t,250
id. id. de la tranche	250t
Proportion de remblais en volume	55 %

La tranche en exploitation comprenait quatre tailles simultanées. Chaque taille reçoit en moyenne 10 piqueurs. Les cadres du boisage, disposés parallèlement au front de taille, sont distants de $1^{m},20$, pour permettre le passage des bennes de charbon et de remblai. Deux plans inclinés situés, l'un au milieu, l'autre à une extrémité du champ d'exploitation, servent à l'évacuation du charbon et à l'arrivée des remblais. Ceux-ci proviennent de l'extérieur et sont introduits dans la mine par un puits de 40 m. de profondeur.

Avant de terminer le déhouillement d'une tranche, on prépare la suivante à l'aide de petits plans inclinés auxiliaires, établis sur le mur de la couche.

Une couche de charbon (petite couche de la Bargette) de 2 m. d'épaisseur, existe au-dessus de la grande couche du Ban, dont elle est séparée par 5 m. de schiste dur. C'est dans cette couche que sont établies les galeries distribuant l'air aux tailles de la grande couche du Ban. Un montage situé à l'une des extrémités du champ d'exploitation communique avec la galerie d'entrée d'air. Partant de ce montage, on trace un niveau à la cote de la première tranche de l'étage à exploiter, puis on relie ce niveau à chacune des tailles à l'aide d'un travers-bancs, dans lequel on installe une porte à guichet pour régler le courant d'air.

Outre les avantages connus des grandes tailles, au point de vue de l'abatage, cette méthode présente encore les suivants : chaque taille reçoit un courant d'air frais ; tous les chantiers sont au même niveau et concentrés dans un espace restreint, ce qui facilite la surveillance et réduit au minimum les frais d'entretien.

Le modèle représentait aussi la méthode d'exploitation de la petite couche de la Bargette, par tailles chassantes prises en descendant, avec remblais complets.

Puissance de la couche	2 m.
Largeur des tailles	20 m.
Production par piqueur	7t,500
id. par taille.	30t

Les autres méthodes d'exploitation de la compagnie de Roche-la-Molière et Firminy n'ont pas été sensiblement modifiées depuis 1889 et les méthodes appliquées aux couches de moyenne puissance ont été décrites par M. Pasquet dans le *Bulletin de l'Industrie minérale*, année 1899.

CHAPITRE VIII

ABATAGE

Abatage sans explosifs. — De nombreux procédés ont été proposés à différentes époques pour obtenir l'abatage des roches, et en particulier du charbon, sans le secours des explosifs ; il semblait que cette question, si importante au point de vue de la sécurité dans les mises grisouteuses, devait recevoir à bref délai une solution pratique. Cet espoir ne s'est pas réalisé ; malgré les résultats encourageants de quelques essais isolés avec les cartouches à chaux, les cartouches hydrauliques, les cartouches à air liquide, les coins en bois, etc., l'abatage du charbon sans explosifs ne s'est pas généralisé dans les houillères.

Les seuls appareils dont l'emploi n'a pas encore complètement disparu sont les aiguilles-coins, dont l'application, déjà ancienne, a été rendue un moment plus efficace avec l'apparition des bosseyeuses, des chasse-coins ou brise-roches. Malheureusement, ces machines, actionnées par l'air comprimé, ont contribué à rendre plus onéreux l'emploi des coins dans les chantiers et elles ne sont plus guère utilisées que pour le creusement des travers-bancs.

De plus, sauf dans des circonstances spéciales où les roches se détachent facilement en blocs de certaines dimensions sous l'effet des coins, la sécurité qu'on obtient se paie par une augmentation du prix de revient du mètre et une diminution de l'avancement au front de taille.

On trouvera sur ce sujet des documents intéressants dans le rapport présenté au Congrès international des mines et de la métallurgie, par MM. Watteyne et Denoël, sur l'emploi des explosifs dans les houillères belges.

Perforateurs à bras. — De nombreux modèles de perforateurs à main, très répandus aujourd'hui dans l'industrie minière, ont été présentés à l'Exposition, soit dans la classe 63, soit dans la partie minière souterraine du Trocadéro. Nous citerons pour mémoire les types connus : Berthet, Elliott, Ratchett, Cantin, Jubilé, Turc, etc. Ces trois derniers sont construits par M. Bornet avec application, à volonté, d'une injection d'eau par fleurets creux.

Cette application, tout en diminuant le poids de l'acier employé pour un travail donné, présente le grand avantage de supprimer les pous-

sières, si nuisibles à la santé des ouvriers, et d'augmenter l'effet utile du perforateur. La fig. 61 donne une idée suffisante du dispositif employé

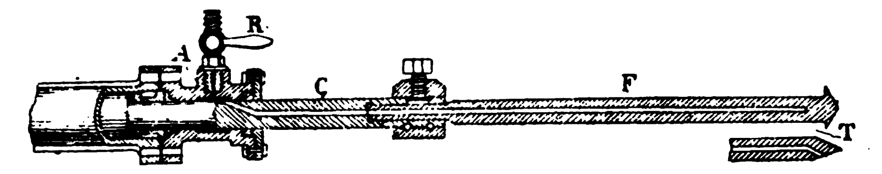


Fig. 61. — Injection d'eau, système Bornet.

pour obtenir l'injection de l'eau et nous résumons dans le tableau suivant les résultats des expériences comparatives, qui ont été faites à la Compagnie des mines d'Anzin, avec deux perforatrices fonctionnant, l'une à sec, l'autre avec injection d'eau, en décembre 1894 et janvier 1895.

APPAREILS	NATURE DES ROCHES	DURÉE DU TRAVAIL Perforation	DURÉE DU TRAVAIL Mines et déblais	Longueur totale des trous forés	Avancement du travers-bancs	Prix de revient du mètre de galerie	OBSERVATIONS
		heures	heures	m	m	francs	
Perforateur à sec.	schistes .	289	424	1 037	42	57, 30	La dureté des schistes et des grès était la même dans les deux cas.
	grès durs.	444	396	1 258, 35	41, 90	87, 30	
Perforateur à injection d'eau .	schistes .	98	346	838	35	45, 30	
	grès durs.	151	242	788	26, 50	70, 10	

Résumé : Longueur des forages par heure

Schistes . { Perforateur à sec. 3m, 60
Perforateur à injection d'eau . . . 8m, 55

Grès . . { Perforateur à sec 2m, 83
Perforateur à injection d'eau . . 6m, 01

Perforateurs mécaniques. — Les perforateurs mécaniques sont devenus d'un emploi courant dans les exploitations minières où ils contribuent dans une large mesure au développement rapide des travaux. L'air comprimé a été utilisé à peu près seul, pendant longtemps, pour actionner les fleurets et il rencontre encore de nombreux partisans, malgré son emploi onéreux, en raison de la contribution qu'il apporte à l'aérage des chantiers ; mais il trouve aujourd'hui un concurrent redoutable dans l'électricité, dont l'application aux perforatrices s'est bien vite généralisée à la suite des heureux résultats obtenus dans la pratique. Le transport facile de l'énergie électrique et la construction spéciale de dynamos avec armatures de protection, ont permis d'ac-

tionner des perforateurs à rotation, d'un usage facile pour le forage des roches de dureté moyenne et d'un effet utile très grand, et des perforateurs à percussion qui remplacent avantageusement les appareils à air comprimé pour les travaux dans les roches dures.

Nous examinerons successivement les différents types, à air comprimé ou à commande électrique, qui ont été présentés à l'Exposition.

Perforatrice Bornet à air comprimé.— Le perforateur « Eclipse » de M. Bornet est bien connu et nous n'en donnerons pas de description. Quelques perfectionnements ont été apportés dans sa construction, obtenue tout entière en acier ; le poids de cet appareil a été sensiblement diminué, de sorte que le modèle le plus fort, qui ne pouvait être employé que sur affût roulant, est utilisé aujourd'hui sur colonne-affût coincée contre les parois de la galerie. Les fleurets creux s'y adaptent pour l'injection d'eau, comme aux autres perforateurs.

Perforatrice « Daw » à air comprimé. — La perforatrice « Daw » exposée par « The Hardy Patent, Pick et C° » de Sheffield, est caractérisée par un tiroir de distribution, de forme circulaire, actionné par la pression directe de l'air comprimé et absolument indépendant du piston porte-fleuret. La machine commence à travailler au moment où l'on admet l'air comprimé, quelle que soit la position du piston. La course du piston ne se trouve donc pas limitée ; elle peut atteindre jusqu'à 15 cm. Avec une pression de quatre atmosphères, on obtient pour le fleuret 650 coups à la minute.

Un dispositif spécial permet d'obtenir automatiquement la compensation de l'usure qui se produit entre le glissoir et la cuvette, au moyen de deux plaques en acier montées sur huit ressorts. Il empêche, de plus, le mouvement trop libre du corps de la machine et assure au fleuret des coups absolument secs, sans vibrations.

Perforatrices à air comprimé de la Rand Drill Company. — La Rand Drill Company, de New-York, exposait à Vincennes trois types de perforatrices à percussion, mues par l'air comprimé, et différant entre elles par le système de distribution.

La perforatrice « Little Giant » possède un tiroir de distribution qui se meut dans la même direction que le piston (fig. 62) l'admission et l'échappement s'effectuent d'une manière directe. Un levier à trois branches, tournant autour d'une cheville, actionne le tiroir; ce levier est placé en retraite dans le cylindre, entre les deux extrémités du piston, et sa branche supérieure pénètre dans le tiroir. Quand le piston

se meut, il pousse le levier dans la même direction et le tiroir est mis en mouvement.

Cette manœuvre assure le fonctionnement absolu, avec la vapeur ou l'air comprimé, sans qu'il soit nécessaire d'avoir un serrage parfait et sans que les différents organes soient très bien tenus.

La tige du piston porte à son extrémité un renflement massif dans lequel une clavette saillante, maintenue par un boulon en U et prolongée jusqu'au fleuret, assure une élasticité suffisante pour amortir le choc de la percussion.

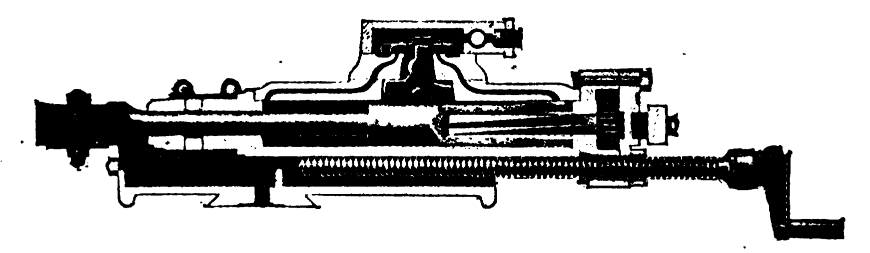


Fig. 62. — « Little Giant ».

Le presse-étoupes de la tige est fixé par une douille en deux pièces, d'un diamètre suffisant pour permettre de retirer le piston en desserrant simplement le côté du cylindre et les boulons de la tête.

La perforatrice « Slugger », spécialement construite pour le travail des galeries d'avancement dans les mines, diffère de la précédente par un mécanisme de distribution qui la caractérise entièrement.

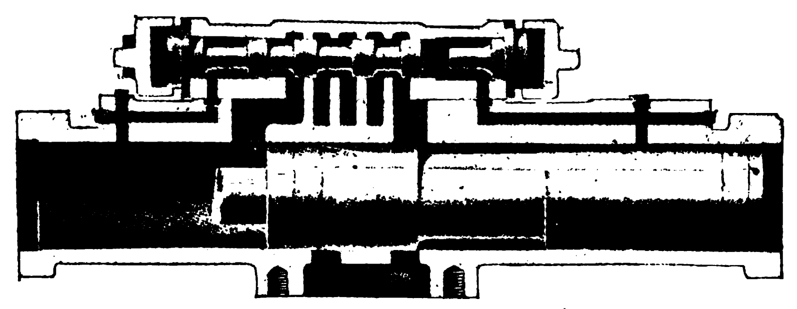


Fig. 63. — « Slugger ».

La distribution est obtenue par une soupape en acier trempé d'une seule pièce, dont le déplacement est de 19 mm. environ, et qui se trouve parfaitement équilibrée. Cette soupape assure au fleuret un coup sec ; toute la puissance du gaz est utilisée pour la percussion, la différence de pression entre les deux parties avant et arrière du cylindre étant nulle. De plus, on peut, dans la construction de la machine, régler

la détente de l'air pour qu'elle commence en un point déterminé de la course, suivant la nature du travail à obtenir.

Enfin, la perforatrice « Little Terror » possède une soupape de distribution analogue à celle de la « Slugger » mais actionnée par un bras oscillant semblable à celui de la « Little Giant » ; c'est en quelque sorte une combinaison des mécanismes des deux premiers appareils.

Perforatrices à air comprimé de la Cie Ingersoll-Sergeant.— La Compagnie Ingersoll-Sergeant, de New-York, exposait à Vincennes une série de perforatrices à air comprimé, comportant toutes quelques perfectionnements du type ancien Ingersoll-Sergeant.

La « Nouvelle Ingersoll », en particulier, est pourvue de la soupape indépendante et de la rotation à déclenchement et sa course est variable suivant la dureté des roches à forer ; elle est employée surtout pour les roches dures et les minerais. L'appareil du type le plus fort est muni d'un cylindre de 92 mm. de diamètre pour une course de piston de 180 mm ; le diamètre de l'admission est de 25 mm. et le fleuret peut battre 300 coups à la minute, sous une pression d'air de $4^{k},100$, chaque coup correspondant à une force de 342 kg., avec un diamètre de trou de 38 à 76 mm. Cette machine, qui pèse environ 170 kg. permet d'obtenir un avancement de $21^{m},70$, en dix heures, dans le granit, en forant de haut en bas ; la profondeur de trou, assuré sans changement d'outil, atteint 620 mm.

La perforatrice possède un système d'avancement automatique pour les sondages verticaux, forés de haut en bas à la surface du sol. Ce mécanisme fait avancer le cylindre à chaque coup de piston par une articulation de bielle qui pénètre dans la partie inférieure du cylindre ; chaque fois que le travail du forage amène le piston près de la tête du cylindre, la pièce articulée heurte le piston et le contact fait tourner l'écrou de déplacement du cylindre. Une courroie de frottement, adaptée au mécanisme, permet de régler à volonté la vitesse de l'avancement automatique.

La même Compagnie présentait également un excavateur à barres, pour les petites carrières d'ardoises, de marbres, de serpentine, etc., permettant d'obtenir au moyen de la vapeur, avec un appareil analogue aux perforatrices, des coupures de $1^{m},20$ à $2^{m},15$ de profondeur.

Perforatrices à air comprimé Dubois et François.— M. François, constructeur à Seraing, présentait dans la section belge de la classe 63, une série de perforatrices du système connu Dubois et François, munies de quelques perfectionnements.

Les dessins et légendes des *planches hors texte* expliquent la composition et le mode d'installation et de fonctionnement de l'un de ces appareils, appelé couramment « bosseyeuse de 7 », en raison du diamètre du piston qui est de 7 cm. Nous signalerons seulement deux dispositifs destinés à éviter les chocs à l'avant comme à l'arrière du cylindre, dès l'arrivée à fond de course du piston.

A l'avant, ce résultat est obtenu à l'aide d'une came de sûreté N, placée sur le support du guide de la tige du piston, et d'un petit matelas circulaire en caoutchouc P, placé contre le rebord de ce guide ; l'une des extrémités de la came vient s'insérer entre le rebord et le matelas, comme il est indiqué sur le dessin, pendant que l'autre extrémité est disposée de façon à pouvoir agir sur un ressort R, en relation avec la soupape G.

Quand le piston vient buter contre le fond du cylindre, la came fait un petit mouvement, par suite de la légère compression que subit le matelas de caoutchouc ; elle déclenche le ressort R qui vient s'opposer à la fermeture de la soupape G, en provoquant ainsi un arrêt instantané de la perforatrice.

A l'arrière, on arrive au résultat au moyen d'un contre-piston S, disposé dans le fond du cylindre et dont la face postérieure est constamment en communication avec l'air comprimé qui lui arrive de la chapelle par un conduit T, suffisant pour l'entrée, mais insuffisant pour la sortie, sous l'action instantanée du retour du piston. Cet air forme matelas ; il amortit le choc et il accentue l'énergie du renvoi du piston et de son fleuret vers la roche.

Cette perforatrice est employée dans plusieurs charbonnages de Belgique comme bosseyeuse, pour le creusement des galeries en travers-bancs et le coupage des voies en veine, sans le secours des explosifs. On l'utilise d'abord comme haveuse à percussion pour obtenir les rainures dans la roche ; puis on remplace l'outil percuteur par une masse, pour frapper sur les aiguilles-coins chassées dans les rainures et faire éclater la roche.

Perforateurs électriques Siemens et Halske. — MM. Siemens et Halske présentaient une série de perforateurs mus par l'électricité et en fonctionnement devant une galerie de mine simulée.

Ces appareils étaient de deux genres différents : à percussion ou à rotation.

Perforatrice à percussion. — La perforatrice à percussion de Sie-

mens et Halske est souvent appelée perforatrice à percussion et à manivelle, parce que les mouvements d'avancement et de recul sont donnés à l'appareil par une manivelle. Cette machine nécessite l'emploi d'un électromoteur séparé et d'une transmission flexible.

Le premier reçoit le courant électrique, continu ou alternatif, et transmet le mouvement de rotation au perforateur par l'intermédiaire du flexible. Ce mouvement de rotation est transformé dans le perforateur en un mouvement de va-et-vient qui se communique à l'aide de ressorts très robustes, au piston à choc portant le burin.

L'électromoteur, de construction solide, en raison de sa destination et des manipulations auxquelles il est soumis, est enfermé dans une caisse en bois, recouverte d'une tôle d'acier, et pourvue de deux poignées. Cette caisse reçoit les appareils accessoires, commutateur, bouchons fusibles, etc. et, en particulier, un rhéostat de démarrage, commandé par une poignée fixe extérieure. L'ensemble pèse environ 100 kg. et se place facilement sur un chariot de mine.

La transmission flexible est composé de deux parties principales : l'âme, qui transmet le mouvement et l'enveloppe protectrice qui ne tourne pas. Les deux parties sont reliées à l'électromoteur d'une part et au perforateur d'autre part, au moyen de raccords spéciaux facilement démontables.

La perforatrice possède un mouvement de recul qui lui est propre et qui se produit lorsque le burin se trouve coïncé. L'introduction et l'enlèvement des burins se font par la culasse, quand le diamètre de la couronne du foreur ne dépasse pas 35 mm. Ce système permet d'utiliser l'avancement complet de la machine, 400 mm. environ. La culasse est reliée au mécanisme par des ressorts, de sorte qu'elle n'est pas atteinte directement par les contre-coups du burin.

Un arbre coudé, commandé par la transmission flexible au moyen de deux engrenages coniques, actionne une glissière et lui donne le mouvement de va-et-vient, et la glissière agit sur la culasse au moyen des ressorts précédents.

Cette disposition assure à la culasse une course plus grande que celle du coude, de sorte que la glissière pourra continuer son mouvement si la mèche reste en prise dans la roche, malgré le mouvement de recul; la machine travaillera alors à vide, le petit volant ayant acquis une puissance vive suffisante pour comprimer les ressorts placés entre la glissière et la culasse.

Le poids de la perforatrice est de 90 kg. et celui du volant 20 kg. La

machine donne environ 420 coups par minute et elle demande une puissance de un cheval.

Par suite de la force de ses coups, à faible course, et de sa grande vitesse, elle a besoin d'une grande fixité. La colonne-affût doit avoir une épaisseur de 12 à 13 mm. et 90 mm. de diamètre extérieur.

Cette perforatrice se place dans toutes les positions, suivant la forme de l'affût. Elle peut forer, dans du granit dur, un trou de 35 mm. de diamètre et de 80 à 100 mm. de profondeur en une minute, soit un avancement de 1 m. en douze minutes.

Il est désirable, pour le bon fonctionnement de l'appareil, que la tension à l'électromoteur soit aussi constante que possible.

Pratiquement, une force motrice de 110 volts suffit pour des distances de 500 m, 220 volts pour 1000 m. et 330 volts pour 3 000 m, en courant continu. Quand les distances dépassent 3000 m, les courants polyphasés sont utilement appliqués; les moteurs sont alors construits pour la tension de transformation (120 ou 210 volts) à 50 périodes par seconde.

Perforateur à rotation.— La perforatrice rotative Siemens et Halske s'applique spécialement au travail dans les pierres tendres où les outils en acier peuvent encore pénétrer dans de bonnes conditions. Elle comporte le même électromoteur et la même transmission flexible que la perforatrice à percussion, mais son poids est réduit à 32 kg. Le mouvement longitudinal vers l'avant, dont la machine est nécessairement pourvue en raison de la vitesse de pénétration dans les pierres tendres, se règle automatiquement, de sorte que par un choix judicieux des organes du mouvement d'avancement, l'appareil ne travaille en pleine puissance que dans la roche pour laquelle il est construit ; son action diminue dès que l'outil rencontre des obstacles plus durs.

Une disposition spéciale permet au besoin le forage à l'eau ; dans les mines de sel, par exemple, la mèche en spirale, de 40 mm. environ de diamètre, est utilisée pour le forage à sec pour un grand nombre de pierres tendres; dans certains cas, l'eau devient nécessaire ; on remplace alors la mèche en spirale par une mèche creuse dont l'extrémité est en acier fondu très dur. L'eau est amenée latéralement par un manchon placé immédiatement devant la tête de l'outil ; ce manchon est muni à l'intérieur d'une cavité annulaire, destinée à conduire l'eau par des trous latéraux pratiqués dans le perforateur.

La machine absorbe 700 à 1000 watts, suivant la dureté des pierres;

dans le sel gemme, elle fore des trous de 3 à 400 mm. de profondeur en une minute, soit un avancement de 1 m. en trois minutes, et le mouvement longitudinal vers l'avant porte sur 1 m. environ.

Perforatrices électriques Dulait-Forget. — La Société anonyme « Electricité et Hydraulique », de Charleroi, exposait dans la section belge une série de perforatrices à percussion, du système Dulait-Forget, à commande électrique, et on pouvait voir fonctionner, à l'Exposition minière souterraine du Trocadéro, trois autres appareils du même genre.

La perforatrice Dulait-Forget (voir fig. 64 et 65) se compose de deux parties bien distinctes :

1° Le perforateur proprement dit avec son affût ;

2° Le moteur de commande et sa transmission flexible à billes, système Marotte.

Le mouvement de percussion seul, est obtenu mécaniquement ; l'avancement et la rotation du fleuret s'opèrent simultanément, à la main, par la manœuvre du volant d'attaque.

L'affût de la perforatrice se réduit à deux montants creux, maintenus parallèles par une traverse d'acier ; aux extrémités des montants sont placés une mâchoire à écrou, calant l'affût contre le toit de la couche, et deux éperons se fixant sur le sol. Un pivot central à vis permet de décaler les éperons et d'imprimer à la perforatrice et à son affût un mouvement de rotation autour de l'axe vertical de celui-ci.

Le perforateur se meut dans un plan vertical perpendiculaire à celui des montants et peut se fixer sur l'affût à une hauteur quelconque. Ce mouvement, combiné avec la rotation de l'affût, permet d'attaquer un front de taille dans n'importe quelle direction.

Le perforateur se compose d'un canon maintenu par pivots aux mâchoires de l'affût ; ce canon est traversé par le porte-fleuret dont les extrémités sont pourvues, l'une d'une douille porte-outil, l'autre d'une longue tige filetée. La tige est munie d'un écrou à glissières portant, à sa partie inférieure, un galet qui vient buter contre une came animée d'un mouvement de rotation rapide et qui comprime à chaque tour le ressort placé à l'intérieur du canon, pour provoquer le mouvement de percussion du fleuret. Afin d'amortir les chocs de reprise de la came sur le galet, on a disposé, sur le même arbre que ce dernier, un volant compensateur formé de deux parties réunies par des ressorts.

Le mouvement d'avancement du fleuret s'opère au moyen d'un volant

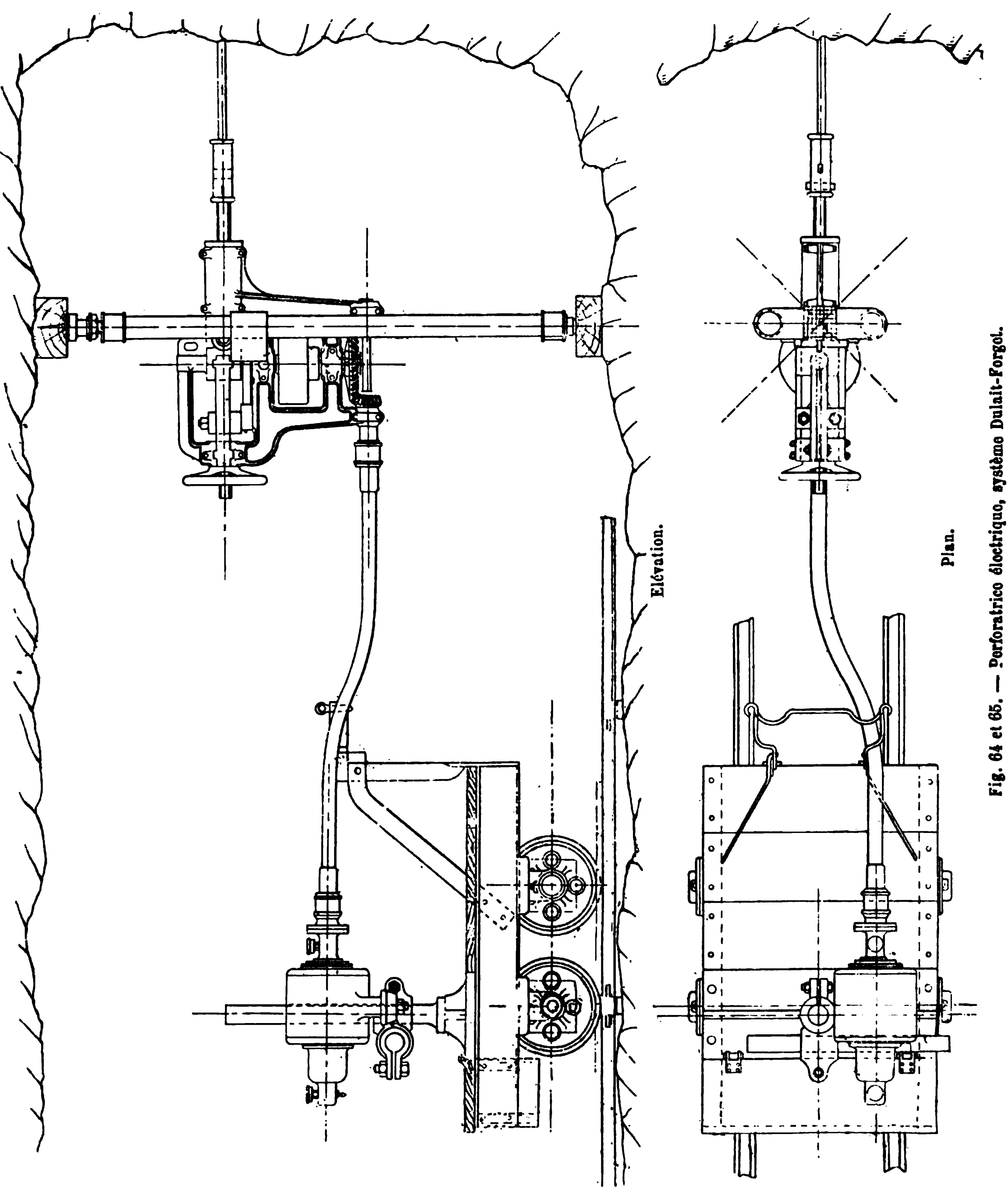


Fig. 64 et 65. — Perforatrice électrique, système Dulait-Forgot.

à main, dont le moyeu, calé sur la vis porte-fleuret, permet d'obtenir la rotation de cette vis indépendamment du mouvement de percussion provoqué par la came et le ressort. L'écrou épousant la tige filetée se trouve à l'intérieur du canon même ; il est mobile avec la tige porte-fleuret, mais il ne peut recevoir aucun mouvement de rotation ; le volant, au contraire, tendant à faire tourner la tige filetée, il en résulte un avancement ou un recul de la tige porte-fleuret.

La came est calée sur un arbre qui reçoit son mouvement d'un câble flexible actionné par électromoteur placé sur un « truc » spécial. Ces trucs porteurs sont combinés pour une, deux ou trois perforatrices au front de taille. Dans les deux derniers cas, ils sont établis de façon à effectuer la mise en place, le réglage et la reprise des perforateurs, sans aucun effort musculaire de l'ouvrier.

Le poids d'un perforateur type n° 2 et de son affût est de 130 kg. ; l'appareil comporte un moteur de un cheval et demi et frappe 420 coups à la minute avec un ressort de 80 kg. Dans les roches de dureté moyenne, l'avancement obtenu en trous de 25 à 30 mm. de diamètre, est de 7 à 8 cm. à la minute ; dans les roches tendres il atteint 10 à 12 cm.

Le perforateur n° 4 pèse, avec son affût, 267 kg. et s'emploie dans les roches très dures (granits et roches siliceuses) ; il est commandé par un moteur de quatre chevaux et muni d'un ressort de 120 à 180 kg. On obtient avec cet appareil un avancement de 6 à 8 cm. en trous de 30 à 35 mm. dans les roches très dures, 10 à 12 dans les roches de dureté moyenne et jusqu'à 20 cm. dans les roches tendres.

Pour compléter cet exposé, nous donnerons un extrait du rapport de M. Beauthier, ingénieur à la Societé des charbonnages belges de Courcelles-Nord, sur des essais effectués récemment avec les perforatrices Dulait-Forget.

Les perforatrices sont employées pour le creusement de bouveaux d'exhaure, à proximité du puits n° 8, dans un banc de grès très dur de 25 m. environ d'épaisseur. La distance maxima qui sépare les perforatrices des génératices est de 1 150 m. environ.

L'électromoteur des perforatrices est complètement enveloppé, pour éviter les détériorations que pourrait produire la chute des pierres ; il repose sur un support horizontal, fixé à un tube vertical calé au toit et au mur par vis de pression ; il peut être descendu ou monté à volonté et prendre toutes les positions désirées, suivant la direction des trous à forer, par suite d'un dispositif spécial qui lui est adapté.

L'électromoteur tourne à la vitesse de 1300 tours ; il transmet son mouvement à la came du perforateur, par l'intermédiaire d'un arbre flexible.

Le câble électrique qui relie les dynamos génératrices à l'électromoteur a 20 mm^2 de section ; la perforatrice, en travail régulier, exige un courant continu de 12 ampères sous 97 volts, soit une puissance de 1164 watts ; les génératrices fournissant le courant à 120 volts, la chute sur la ligne atteint donc 23 volts. Il est d'ailleurs possible de calculer la perte de puissance sur une ligne de 1150 m. $\times 2 = 2300$ m., aller et retour, avec 20 mm^2 de section, soit une résistance de $0^{ohm},875$ par kilomètre.

On trouve :

$$R = 0,875 \times 2,300 = 2,12 \text{ ohms}$$
$$E = RI = 2,12 \times 12 = 25,44 \text{ volts}$$
$$W = RI^2 = 2,12 \times 12^2 = 305 \text{ watts.}$$

La perte atteint donc :

$$\frac{305}{120 \times 12}$$

soit 28 0/0 de la puissance fournie par les génératrices.

Après un essai de quatre à cinq mois, l'avancement moyen obtenu a été de $0^m,80$ par jour avec les perforatrices électriques, au lieu de $0^m,40$, obtenu auparavant à la main.

Le personnel est resté le même dans le deux cas, six ouvriers et deux chargeurs, de sorte qu'on peut établir comme suit les prix de revient au mètre.

Perforation électrique :		*Perforation à la main :*	
Main-d'œuvre	37,50	Main-d'œuvre	37,50
Poudre	8 »	Poudre	4 »
Charbon, huile, entretien . .	3 »		
	48,50		41,50
1 m. revient à $\frac{48,50}{0,8} = 60$ francs.		1 m. revient à $\frac{41,50}{0,4} = 103$ francs.	

En amortissant en un an la dépense d'achat de tout le matériel, il reste encore un bénéfice net de 20 francs par mètre avec la perforation électrique.

Perforatrices électriques Bornet. — La perforatrice à rotation Bornet ne comporte aucun dispositif particulier dans l'appareil lui-même; c'est la machine rotative habituelle de ce constructeur, disposée pour recevoir le mouvement d'une dynamo par l'intermédiaire d'un flexible.

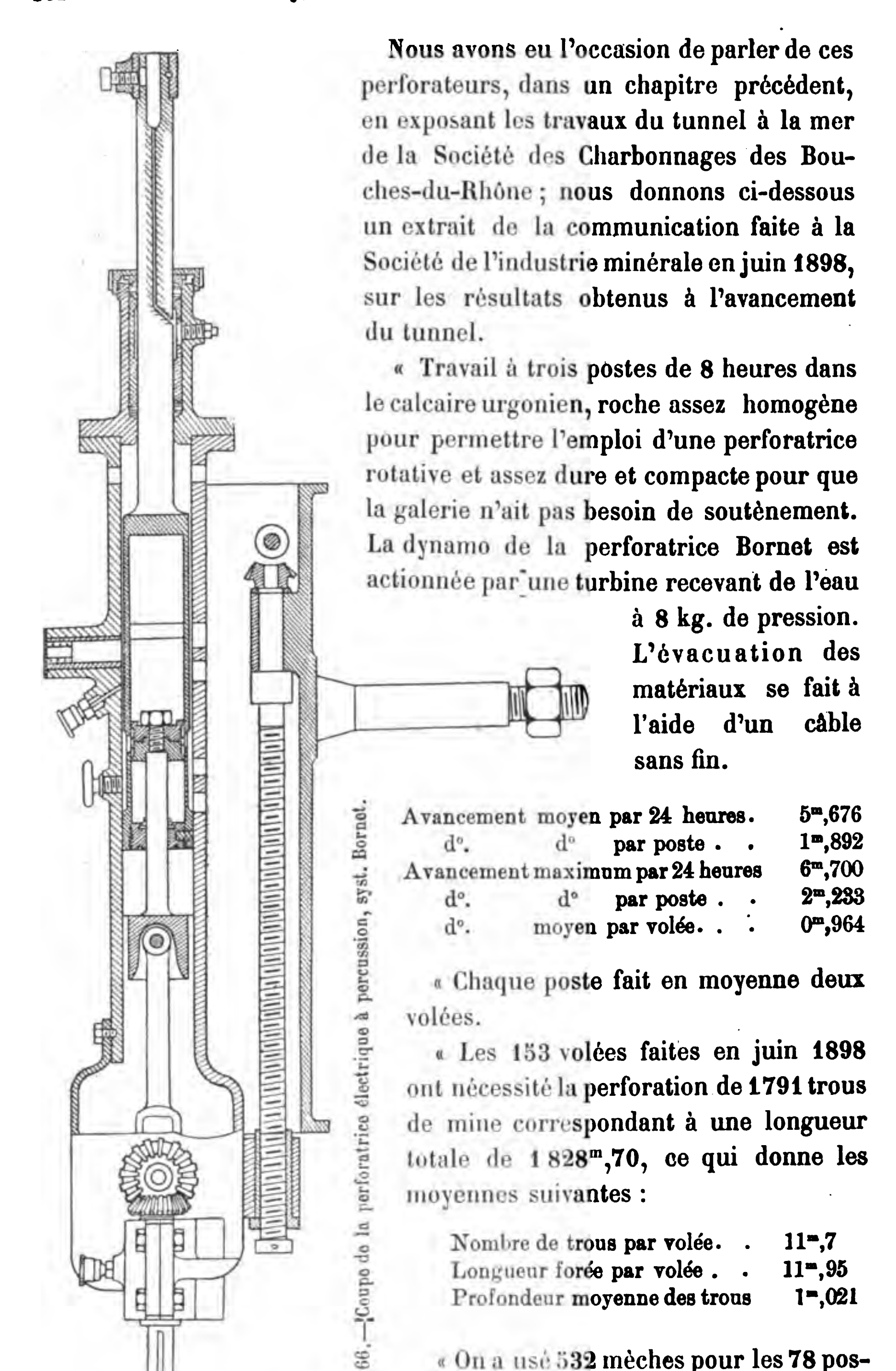


Fig. 66. — Coupe de la perforatrice électrique à percussion, syst. Bornet.

Nous avons eu l'occasion de parler de ces perforateurs, dans un chapitre précédent, en exposant les travaux du tunnel à la mer de la Société des Charbonnages des Bouches-du-Rhône ; nous donnons ci-dessous un extrait de la communication faite à la Société de l'industrie minérale en juin 1898, sur les résultats obtenus à l'avancement du tunnel.

« Travail à trois postes de 8 heures dans le calcaire urgonien, roche assez homogène pour permettre l'emploi d'une perforatrice rotative et assez dure et compacte pour que la galerie n'ait pas besoin de soutènement. La dynamo de la perforatrice Bornet est actionnée par une turbine recevant de l'eau à 8 kg. de pression. L'évacuation des matériaux se fait à l'aide d'un câble sans fin.

Avancement moyen par 24 heures.	5m,676
d°. d° par poste . .	1m,892
Avancement maximum par 24 heures	6m,700
d°. d° par poste . .	2m,233
d°. moyen par volée. . .	0m,964

« Chaque poste fait en moyenne deux volées.

« Les 153 volées faites en juin 1898 ont nécessité la perforation de 1791 trous de mine correspondant à une longueur totale de 1 828m,70, ce qui donne les moyennes suivantes :

Nombre de trous par volée. .	11m,7
Longueur forée par volée . .	11m,95
Profondeur moyenne des trous	1m,021

« On a usé 532 mèches pour les 78 postes, soit environ 3 1/2 par volée ».

Perforatrice à percussion. — M. Bornet présentait également quelques modèles de sa perforatrice électrique à percussion, reproduite en coupe, fig. 66, avec un fleuret creux pour l'injection de l'eau.

Perforatrices électriques de la Compagnie Thomson-Houston. — La Compagnie française Thomson-Houston exposait à Vincennes deux modèles de perforatrices électriques, à rotation et à percussion.

La perforatrice à rotation, destinée à remplacer la barre à mine et les appareils à main pour le forage des trous dans les roches tendres, porte un moteur de 2 chevaux construit pour fonctionner sous une tension de 220 volts, avec une vitesse de 1500 tours par minute; cette vitesse est réduite à 300 tours pour la tige porte-outil, au moyen d'un pignon et d'une roue d'engrenage. La tige porte-outil est filetée; elle tourne dans un écrou serré lui-même par une bague à friction en acier. Quand l'outil ne rencontre aucun obstacle sérieux, l'écrou reste fixe et la tige avance dans la roche avec une vitesse réglée par le pas de vis; quand l'outil rencontre une couche plus dure, l'écrou tourne dans la bague et la vitesse d'avancement est réduite proportionnellement à la dureté de la roche en présence.

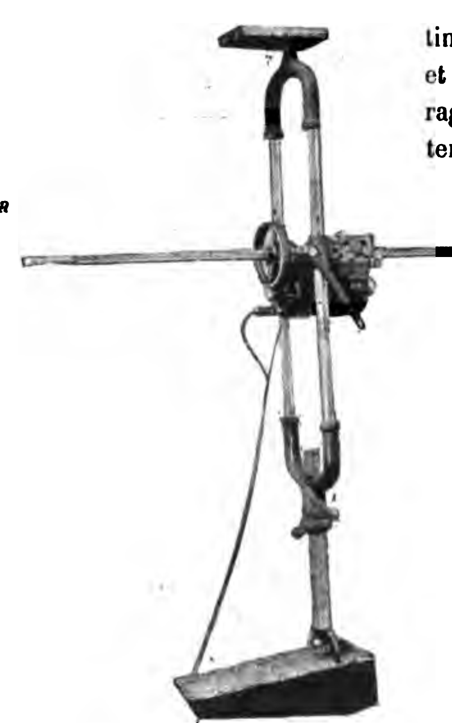


Fig. 67. — Perforatrice électrique rotative, système Thomson-Houston.

L'appareil est monté sur un affût à deux branches (voir fig. 67), permettant de forer des trous dans toutes les directions. Le poids du moteur et de l'outil est de 43^{k},5; celui de l'affût 2 kg.

Le filet de la vis varie avec la dureté de la roche; les pas les plus usités sont ceux de 4 et 6 mm; pour forer des trous de 1 m, on emploie deux outils, l'un de 600, l'autre de 1200 mm.

Le tableau suivant permet d'apprécier les résultats obtenus avec cet appareil dans différentes natures de roches.

NATURE DE LA ROCHE	PAS DE LA VIS en mm.	PROFONDEUR DU TROU en cm.	TEMPS DU FORAGE en secondes
Schiste dur	6	77	32
Anthracite.	6	77	17
Schiste dur	6	77	25
Roche schisteuse.	4	77	50

La perforation électrique à percussion Thomson-Houston comporte deux solénoïdes, ou bobines de fil de cuivre, placés à la suite l'un de l'autre dans un cylindre en fer constituant le corps de la perforatrice et servant de protection aux solénoïdes.

Des têtes en acier fondu, boulonnées ensemble, maintiennent les bobines en position et supportent le mécanisme de rotation, le piston, les coussinets, etc. Au milieu des solénoïdes, se trouve un piston en acier dont une extrémité, convenablement percée, s'engage sur une hélice qui oblige le piston à tourner et dont l'autre extrémité est fixée à la tige porte-outil.

Quand on fait passer dans les bobines un courant alternatif, le piston prend simultanément un mouvement de va-et-vient à une vitesse déterminée et un mouvement de rotation. L'avancement de l'outil est obtenu par le procédé ordinaire, au moyen d'une vis et d'un écrou. Le courant électrique est amené dans les solénoïdes par un câble armé, fixé au corps de la perforatrice à l'aide d'un serrage à vis; un petit mouvement de la vis suffit à mettre le fleuret en fonction où à l'arrêter. Ce courant est fourni par une dynamo Thomson-Houston tétrapolaire, munie d'un système rotatif permettant d'obtenir le courant alternatif convenable. On peut, en même temps, recueillir sur les balais fixes de la machine un courant continu, sous 220 volts environ, pour alimenter des lampes à incandescence ou actionner d'autres appareils voisins. La puissance du moteur dépend du nombre de perforatrices qui doivent agir simultanément; avec 12 kilowatts, on assure le fonctionnement de quatre appareils.

Le tableau suivant donne les résultats obtenus dans différentes mines avec cette perforatrice à percussion.

NATURE DE LA ROCHE	NOMBRE de trous percés	AVANCEMENT en mètres	AVANCEMENT EN 10 MINUTES	
			UTILE (avec la perforatrice installée)	BRUT (avec déplacement de la perforatrice)
Minerai de fer spathique	6 249	4 501,19	0m,4413	0m,1420
Schistes quartzeux très-durs	2 081	1 393,87	0 ,4646	0 ,1484
Schistes durs.	3 768	2 805,00	0 ,5357	0 ,1760
Veine tendre et schisteuse.	3 489	2 883,93	0 ,7514	0 ,2176

Havage mécanique

L'abatage mécanique du charbon n'a fait aucun progrès dans les houillères du continent, où les haveuses ne semblent pas avoir pénétré malgré quelques essais satisfaisants. En France cependant, la Compagnie Commentry-Fourchambault-Decazeville se propose d'employer prochainement, dans les travaux souterrains, la haveuse à faux dentée qu'elle exposait au Trocadéro, et qui a déjà fonctionné en carrière.

Il n'en est pas de même en Angleterre et en Amérique; dans ce dernier pays surtout, les haveuses sont devenues d'un emploi régulier, grâce à la ténacité des promoteurs du havage mécanique qui ont eu à surmonter des difficultés de tous genres pour faire adopter un matériel nouveau et tout à fait spécial dans les mines américaines. Après quelques hésitations pendant les premières années d'application, et grâce aux perfectionnements rapides apportés dans les machines à haver, l'abatage mécanique s'est considérablement développé aux Etats-Unis, au point d'assurer, en 1898, la cinquième partie du tonnage total du pays, avec un chiffre de 4 500 haveuses réparties dans 300 exploitations houillères.

M. Bachellery a présenté au Congrès des Mines et de la Métallurgie, un rapport très documenté sur la question du havage mécanique dans les mines des Etats-Unis; on trouvera dans cette intéressante brochure un historique et une description des principaux appareils employés, une étude économique des résultats obtenus par leur emploi et une appréciation de leur influence sur les marchés des charbons américains. Nous ne nous occuperons ici que des haveuses qui figuraient à l'Exposition, tant à l'annexe des Etats-Unis, à Vincennes, qu'au Champ-de-Mars et à l'Exposition minière souterraine du Trocadéro.

Ces appareils sont actionnés par l'air comprimé ou par l'électricité;

mais la commande électrique tend à se substituer au moteur à air comprimé, surtout pour le havage dans les fronts de taille.

Haveuse Ingersoll-Sergeant. — La Compagnie Ingersoll-Sergeant, de New-York, présentait à Vincennes une haveuse à percussion en fonctionnement au moyen de l'air comprimé. Cette machine est analogue à une perforatrice qui ne posséderait aucun mécanisme d'avancement et de rotation du fleuret; elle est mobile sur deux roues en fer que l'ouvrier, à demi-allongé à l'arrière, cale avec ses pieds par l'intermédiaire de sabots en bois; l'air comprimé agit sur un piston et produit simplement le mouvement de va-et-vient du fleuret. Il en résulte que le travail est assez pénible pour l'ouvrier, en raison des chocs qui lui sont transmis par l'appareil; (voir croquis ci-contre) mais, d'autre part, c'est un outil relati-

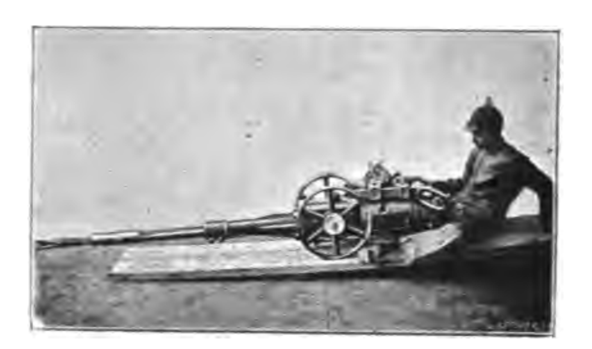


Fig. 68. — Haveuse Ingersoll-Sergeant.

vement léger, très maniable, permettant d'obtenir, à l'abatage, une production de charbon assez considérable.

Le havage peut atteindre 2 m. de profondeur et un mécanicien exercé have facilement 75 m² dans une journée de 10 heures; la machine pourrait donner beaucoup plus, mais il faut compter avec le déblaiement de la sous-cave qui ne saurait être assez rapide pour un chiffre plus élevé. Le diamètre du cylindre à air est de 100 mm; le piston, dont la course est de $0^{m},25$, bat 200 à 250 coups par minute et la consommation d'air comprimé atteint $0^{m3},500$ environ, à la pression de 4 kg. La détente est réglée à volonté par le mécanicien suivant la pression de l'air et la dureté du charbon.

Cette petite machine pèse 300 kg. et elle peut être montée sur des roues de $0^{m},93$ de diamètre, quand il s'agit d'obtenir des coupures verticales.

Haveuses Jeffrey.— La Compagnie des Manufactures Jeffrey, de New-York, exposait à Vincennes deux haveuses à couteaux et à chaines, d'invention récente (1894), l'une actionnée par un moteur à air comprimé, l'autre par un moteur électrique.

Ces machines, désignées sous le nom de « coupoirs à charbon », sont comparables en principe à une scie à ruban qui fonctionnerait horizontalement avec un avancement automatique du bâti. Elles se composent de deux parties bien distinctes : un cadre fixe, qui reçoit le moteur, et un cadre mobile dans lequel circulent la chaine et ses couteaux (voir fig. 69).



Fig. 69. — Haveuses Jeffrey. — Coupoir à charbon.

Le cadre fixe comprend deux barres creuses et deux cornières en acier reliées par des bandes de même métal; une pièce en acier fondu réunit les barres creuses à une extrémité du cadre et sert de point de repère pour le déplacement du châssis mobile; à l'autre extrémité, une traverse supporte la vis de butée oblique dont la griffe se fixe dans la paroi du chantier. Le moteur repose sur ce cadre par l'intermédiaire de supports en acier fondu.

Le cadre mobile a la forme d'un trapèze isocèle long, dont la grande base est destinée au contact du front de taille; il se déplace, normalement à celui-ci, avec la chaine sans fin qui porte les couteaux dirigés alternativement vers le haut ou vers le bas.

Le mouvement du moteur est transmis à la chaine par vis sans fin et engrenages; le déplacement du cadre mobile est obtenu au moyen d'une crémaillère longitudinale, fixée sur ce cadre et commandée par les engrenages du moteur. Un simple embrayage à levier permet alors de faire avancer ou reculer le cadre et par suite la chaine à couteaux; un interrupteur automatique arrête l'appareil aux deux extrémités de la course.

La machine est généralement montée sur un « truck-porteur », dont les roues peuvent être actionnées par le moteur même au moyen d'une chaine Galle (voir fig. 70); on travaille avec la haveuse sur wagon, en calant les roues, ou bien on utilise seulement le wagon pour le transport

et on décharge la machine en soulevant l'arrière pour la faire glisser.

Cette haveuse pratique dans le charbon des coupures de 12 cm. de hauteur, 1m,25 de profondeur et 2 m. de largeur, en 3 minutes 1/2 et il faut une minute pour le retour en arrière du cadre mobile. En comptant 5 minutes pour le déplacement de l'ensemble 2 m. plus loin et pour la mise en action de l'outil, on arrive à haver 12 à 15 m² à l'heure.



Fig. 70. — Haveuses Joffrey. — Coupoir à charbon sur wagon.

La hauteur maxima de l'appareil est de 70 cm, de sorte qu'il peut être employé dans les couches minces; il demande un mécanicien et un aide pour le travail normal.

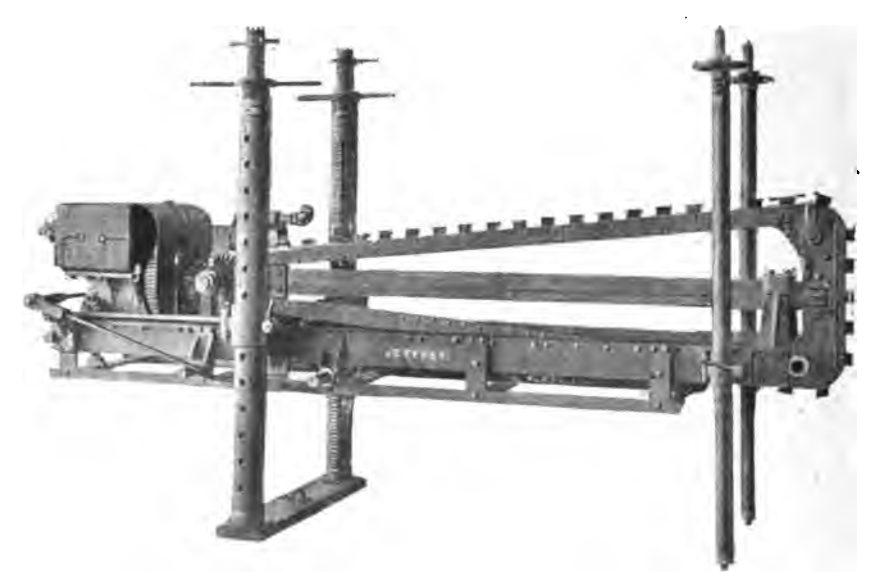


Fig. 71 — Haveuses Joffrey — Machine à cisailles.

Pour les couches très minces, la même Compagnie construit des haveuses de 0m,45 de hauteur maxima, capables de pratiquer une cou-

pure de $1^m,75$ de profondeur sur $0^m,41$ de largeur; des « trucks » spéciaux, très bas sur roues, assurent leur transport dans des galeries de 60 à 90 cm. seulement de hauteur.

Les haveuses Jeffrey se construisent également avec un châssis mobile redressé qui permet d'obtenir des coupures verticales (voir fig. 71); elles deviennent alors des « machines à cisailles » et se montent sur quatre colonnes spéciales. On commence la coupure par le toit de la couche et, s'il y a lieu, on fait glisser l'appareil sur les colonnes, de la quantité correspondant à la hauteur de l'entaille. La plus usitée des haveuses de ce type, pratique des coupures verticales de $1^m,75$ de profondeur, 10 cm. de largeur et 90 cm. de hauteur; on la transporte dans les galeries sur un « truck » analogue à celui de la haveuse horizontale et elle produit à peu près la même quantité de travail que celle-ci, en surface havée.

Nous avons dit que ces machines pouvaient être actionnées par l'air comprimé ou par l'électricité; actuellement, ce dernier mode de commande domine aux Etats-Unis; les moteurs à air comprimé tendent à disparaître pour faire place aux moteurs électriques, construits généralement pour les courants continus à la tension de 500 volts.

Haveuse à faux dentée. — La Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville présentait, à l'Exposition minière souterraine du Trocadéro, une haveuse à faux dentée, en fonctionnement par l'air comprimé. Cette machine, construite sur les plans de M. Paul Fayol, directeur des mines de Brassac, a travaillé en carrière dans de bonnes conditions; elle doit être essayée prochainement à l'intérieur, aux mines de Decazeville. Son outil peut rencontrer, sans se détériorer, des nodules de minerai dur; si ces nodules sont petits, l'outil les traverse; s'ils sont gros, il les tourne.

Le croquis de la fig. 72 montre, en plan, la disposition générale de la haveuse avec l'outil, dans un front de taille de dépilage. Les dimensions de l'appareil sont assez réduites pour ne pas trop compliquer le boisage des chantiers et le calage du havage peut se faire d'assez près pour empêcher les éboulements pendant le travail.

L'outil, qui caractérise particulièrement la machine, est une lame arquée et dentée, animée d'un mouvement analogue à celui d'une faux. Ce mouvement est obtenu de la façon suivante : le moteur à air comprimé actionne un arbre vertical portant un pignon; ce pignon commande deux roues d'engrenages montées sur des arbres verticaux à

manivelles. Les manivelles tournent dans le même sens et sont reliées par une bielle d'accouplement analogue à celle des locomotives; l'outil est monté sur cette bielle. Chaque dent de la faux décrit une circonférence de même rayon que celle des manivelles; les dents travaillent successivement, les unes après les autres, chacune d'elles n'agissant que sur une petite partie de la rainure indiquée au croquis par des arcs de cercle.

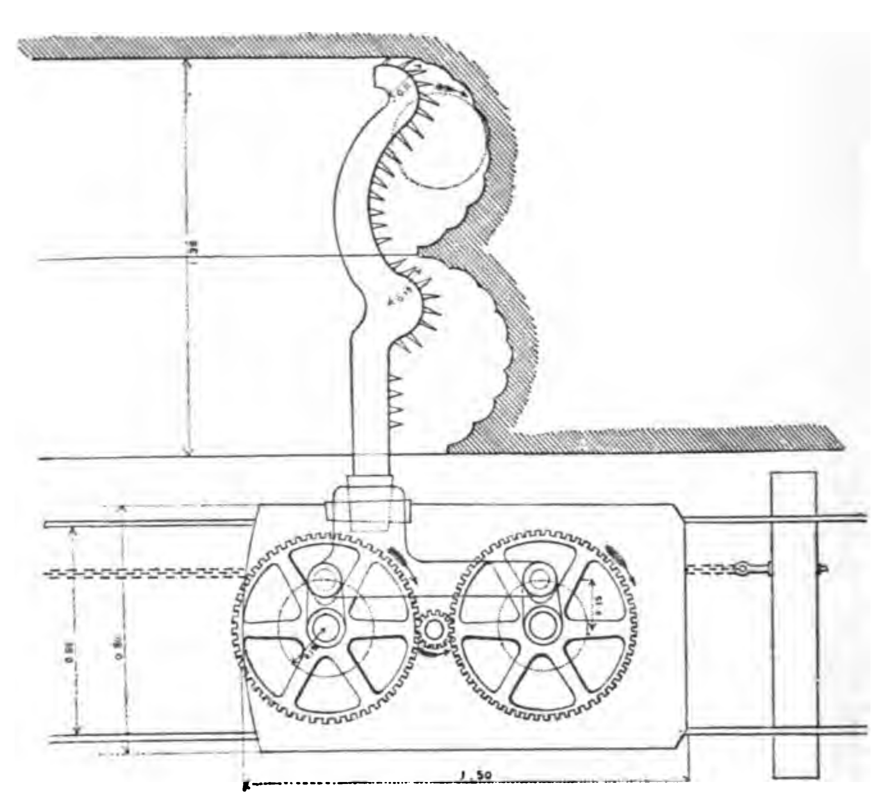


Fig. 72. — Haveuse à faux dentée.

On peut donner à la lame des formes diverses, avec une ou plusieurs courbures. Les dents d'une même courbure doivent avoir la même largeur; mais elles peuvent être de largeurs différentes d'une courbure à l'autre. On a adopté ici un outil à deux courbures pour faire un havage de $1^m,30$ de profondeur avec une largeur de 6 cm. à l'entrée et de 4 cm. au fond.

La haveuse, montée sur chariot, peut circuler sur les voies de mine; quand elle est en fonctionnement, on substitue aux quatre roues, quatre patins de glissement pour lui donner plus de stabilité. Le mouvement

de translation est obtenu automatiquement par la traction sur une chaine fixée à l'extrémité du chantier.

Pour obtenir l'entrée de l'outil dans le massif, on fait tourner la haveuse à la façon d'une grue, autour d'un pivot monté sur le chariot: la rainure se trouve à une hauteur de $0^m,35$ au-dessus de la voie.

La machine a $1^m,60$ de longueur, $0^m,80$ de largeur et $1^m,15$ de hauteur; elle pèse 1800 kg. Le moteur, de la force de 10 chevaux, marche normalement à 300 tours, pour 60 révolutions de l'outil par minute.

La rainure avance de 1 à 3 mm. par révolution, suivant la dureté du massif. Dans le charbon dur, le havage s'obtient à raison de 6 m. à à l'heure, pour une profondeur de $1^m,30$.

L'outil peut franchir 40 à 50 cm. de schiste et 4 à 5 cm. de minerai de fer extra-dur sans se détériorer.

Haveuse à rotation ou Perforatrice différentielle système Colin et Daubigné. — La Société de constructions mécaniques et fonderies nancéiennes présentait, dans la classe 63, une perforatrice électrique à rotation, dite « perforatrice différentielle », qui a été étudiée spécialement pour le havage dans les minerais de dureté moyenne dont le minerai de fer oolithique de Meurthe-et-Moselle peut être considéré comme type.

Cet appareil se compose, succinctement, d'une longue vis et de son écrou, auxquels on communique un mouvement de rotation uniforme;

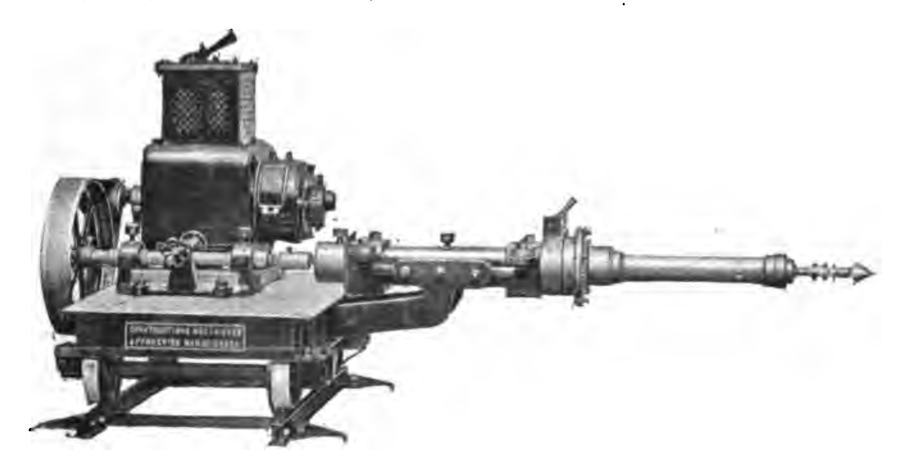


Fig. 73. — Haveuse à rotation Colin et Daubigné.

on ralentit la vitesse de l'écrou au moyen d'un frein ; il en résulte pour la vis, et par suite pour la mèche fixée à son extrémité, un mouvement de translation en avant ou en arrière, suivant le sens de la rotation com-

muniquée à l'ensemble. Le chemin parcouru est donc proportionnel à l'action du frein; comme celui-ci est mû à la main, il est possible de modifier la vitesse de pénétration de la mèche suivant la dureté des couches successives de la roche.

Le mouvement de rotation est donné par un électromoteur, monté avec l'appareil lui-même sur un chariot de mine (fig. 73). Tous les efforts de réaction s'exercent sur des billes renfermées dans des chemins de roulement circulaires en acier trempé, rectifiés après la trempe. La vis porte-mèche se télescope dans les pièces qui forment le corps de l'appareil, afin que l'outil soit bien rigide et que les trous ne dévient pas.

Pour effectuer le havage, on fore une série de trous voisins, dans un plan horizontal, et on substitue à la mèche une fraise spéciale pour enlever la roche entre les trous et obtenir une saignée continue; la fraise porte un guide qui la dirige suivant l'axe des trous déjà forés.

Quand il s'agit de faire une saignée à la partie supérieure d'un front de taille, on emploie un flexible pour transmettre à l'outil le mouvement de l'électromoteur. Dans ce cas, la perforatrice est montée sur un châssis vertical, calé entre le mur et le toit, et l'appareil peut coulisser et osciller sur le châssis.

Dans le minerai bien homogène, on arrive facilement, sans injection d'eau, à forer un trou de 1 m. de profondeur en 20 secondes; dans le minerai oolithique le plus dur, mélangé de rognons marneux et calcaires, on fore un trou de 1 m. en 50 secondes.

Aux mines de Meurthe-et-Moselle, un bon ouvrier, dans sa journée, have péniblement, à la main, $1^m,50$ de largeur sur $0^m,70$ de profondeur, soit un mètre carré. La perforatrice différentielle a permis, dans les mêmes mines, de haver jusqu'à 3 mètres à l'heure sur 1 m. de profondeur, en occupant deux manœuvres pour le travail.

En pratique, il faut compter dans les chantiers, avec une perforatrice et deux hommes, sur un havage de 2 m. de largeur par heure, soit 10 m^2 par jour et par homme, au lieu de 1 m^2 obtenu par les moyens ordinaires.

Allumage des coups de mine.

Coup de poing allumeur Kinsmen. — MM. Kinsmen et Cie exposaient au premier étage de la classe 63, tous les produits : mèches, amorces, etc. fabriqués dans leur usine de Seyssel (Ain), et en particulier des mèches dites « ignifuges » dont toute la poudre peut brûler au centre

sans laisser aucune trace à la surface extérieure. Des couronnes entières de cette mèche sont présentées, après que la poudre a brûlé, sans que l'aspect extérieur ait subi de modification. Les tissus employés pour la fabrication de cette mèche sont rendus incombustibles par un procédé spécial, et pour l'allumer autrement que par les procédés ordinaires interdits dans les milieux grisouteux, M. Kinsmen a imaginé le *coup de poing* dont nous donnons un croquis ci-contre.

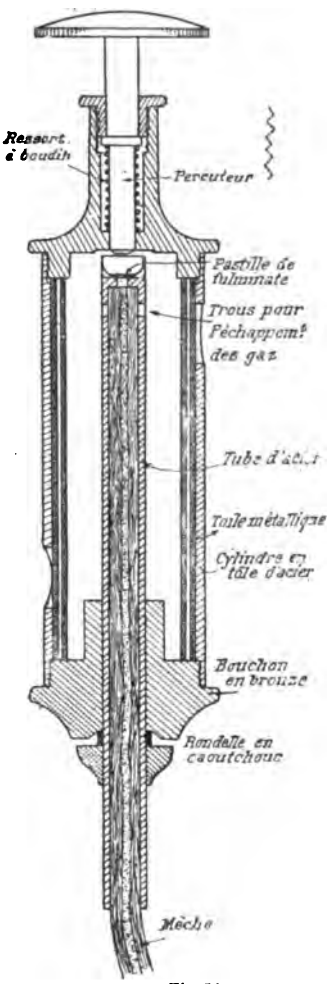


Fig 74.
Coup de poing allumeur Kinsmon.

L'appareil consiste essentiellement en un tube cylindrique de 8 cm. de longueur et 3 cm. de diamètre. A la partie supérieure, se trouve un percuteur à ressort sur lequel on peut frapper vivement avec la paume de la main pour provoquer l'inflammation d'une capsule.

L'intérieur du tube est garni d'une triple enveloppe en toile métallique de lampe à grisou. A la partie inférieure, le tube est bouché par une rondelle à vis, percée en son milieu d'un trou de 8 mm, dans lequel peut passer un autre petit tube mobile en fer, dit porte-mèche, qui reçoit exactement la mèche par la partie inférieure, tandis que dans le haut on place une pastille-amorce.

Le cylindre constitue alors une capacité complètement isolée de l'extérieur, sauf les deux ouvertures protégées par la triple enveloppe en toile métallique qui empêchera toute étincelle de déflagrer au dehors.

Voici comment on procède pour tirer les coups de mine. Le trou de mine étant chargé et la mèche débordant, le tube porte-mèche est disposé de la façon suivante : une petite amorce en papier, du genre de celles dont les enfants se servent pour leurs jouets, est introduite à la partie supérieure ; elle appuie sur une partie en fer formant butoir, percée d'un petit trou central en communication avec la mèche et pouvant y conduire le feu quand la pastille s'enflammera. Le mineur introduit alors le

petit tube dans l'appareil ; puis, il prend la mèche débordant du trou et la pousse jusqu'au fond du petit tube, de façon qu'elle touche le butoir.

Le petit tube étant maintenu par la main gauche contre le percuteur, l'ouvrier frappe sur celui-ci avec la main droite ; la pastille-amorce déflagre, le feu passe par le petit trou, la mèche s'enflamme instantanément et les gaz produits s'échappent par des orifices latéraux pratiqués dans le tube porte-mèche ; ils se répandent dans le cylindre, passent à travers les trois enveloppes de toile métallique et s'échappent dans l'atmosphère par les deux orifices ménagés dans le cylindre.

L'ouvrier doit attendre une seconde ou deux sans rien toucher, afin que l'inflammation de la mèche ait atteint un ou deux centimètres de profondeur. A ce moment, il dégage la mèche du tube et emporte son coup de poing en se retirant.

Le porion « boute-feu » n'a donc qu'à avoir dans une boîte en ferblanc suspendue à la ceinture, une certaine quantité de tubes porte-amorces tout prêts. Les tubes tirés sont mis dans une partie réservée de cette boîte et servent de contrôle pour les coups de mine tirés ; on les nettoie avec une brosse minuscule et ils peuvent être amorcés de nouveau.

Multiplicateur Davey, Bickford, Smith et Cie. — La Société Davey, Bickford, Smith et Cie présentait, avec de nombreux échantillons de mèches de sa fabrication, un multiplicateur consistant en une douille de métal fermée à l'une de ses extrémités par un bouchon de matière solide. Une amorce, convenablement disposée au fond de la douille, reçoit le feu d'une mèche lente traversant le bouchon et le communique à un faisceau de mèches instantanées réunies dans la douille. Ces dernières mèches communiquent à leur tour le feu aux divers fourneaux de mines auxquels elles aboutissent.

Cet appareil trouve son application dans les abatages de grandes masses, pour lesquelles il est important d'enflammer simultanément plusieurs fourneaux de mines éloignés les uns des autres. Il peut être utilisé aussi dans l'avancement des galeries, où l'ébranlement causé par plusieurs coups de mines partant à la fois arrache une masse de rocher considérable, en moins de temps que ne le ferait un même nombre de coups de mine enflammés successivement.

Nouvel allumeur de sûreté. — La Société Davey, Bickford, Smith et Cie présentait encore un nouvel allumeur de sûreté qui, soumis en

décembre 1897 à la Commission du grisou, a fait l'objet d'un rapport de M. Chesneau, ingénieur en chef des mines.

Nous ne pouvons mieux faire qu'en extrayant de ce rapport la description et l'appréciation suivantes :

« Le nouvel allumeur permet d'allumer la mèche dans une atmosphère grisouteuse et de l'abandonner immédiatement aussitôt allumée. Ce résultat est atteint par l'emploi d'une capsule-amorce spéciale présentant en petit la disposition d'une lampe Davy. Elle est, en effet, constituée ainsi que le montre le croquis ci-contre :

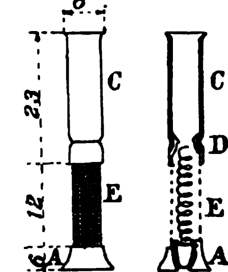


Fig. 75.— Capsule amorce.

1° D'une amorce A au fulminate, renforcée;

2° D'une spirale B en laiton, imprégnée d'une petite quantité de pulvérin.

3° D'une gaine en laiton C, dans laquelle est introduite la mèche jusqu'à un diaphragme D formant butoir.

4° D'un tissu métallique E, en fils de laiton très fin de 33 × 33 soit 1 089 mailles au centimètre carré, empêchant le contact direct des produits de la combustion et de l'atmosphère extérieure, comme dans une lampe de sûreté, et fortement serti sur l'amorce d'une part, sur la gaine C de l'autre, qu'elle réunit ensemble. La spirale B empêche les déformations de ce tissu pendant l'emploi ou le transport de ces allumeurs. Il n'y a pas de couture longitudinale dans le tissu, dont l'étanchéité est obtenue par un recouvrement du tissu sur lui-même d'une demi-circonférence environ.

Pour tirer le coup de mine, on introduit la mèche à fond dans la gaine C, on la sertit fortement vers l'extrémité de la gaine avec un outil spécial, servant aussi à couper les mèches, puis on place l'allumeur dans un *pistolet* disposé de manière à pouvoir introduire l'allumeur, faire partir l'amorce par percussion et dégager l'allumeur dans un temps extrêmement court. On peut ainsi, avec quelque habitude, allumer une volée de coups de mine en quelques secondes. Dans ce but, le logement de l'allumeur dans le pistolet est disposé comme le montre la fig 76 : un canal *a a*, dans le corps du pistolet, permet d'encastrer l'allumeur à moitié de son épaisseur, et un chapeau G G, mobile autour d'une charnière *b b*, portant en creux un canal demi-cylindrique b_1 b_1, achève d'assujettir l'allumeur en le rabattant autour de la charnière, jusqu'à ce que l'ergot H, dont il est muni, soit pris dans l'encoche du verrou à ressort I.

Il suffit alors d'actionner la gâchette K du pistolet pour que le chien L se soulève, puis se rabatte et fasse partir l'amorce.

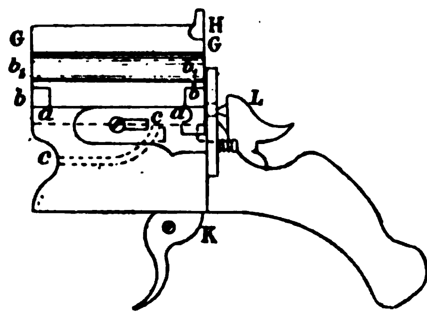


Fig. 76. — Pistolet.

Un canal c c permet l'évacuation des fumées. Aussitôt l'amorce partie, il suffit de pousser le bouton M pour dégager l'ergot H, et le chapeau G G, sollicité par un ressort antagoniste (placé derrière le dessin, où il n'a pu être figuré) se relève de lui-même, permettant ainsi de dégager l'allumeur et de passer au coup de mine suivant (le croquis représente le chapeau GG levé).

Nous avons fait fonctionner l'appareil dans des mélanges explosifs au maximum d'inflammabilité, soit d'air et de formène, soit d'air et de gaz d'éclairage, en nous plaçant dans les conditions les plus favorables à la propagation d'une explosion au dehors du tissu métallique ; pour cela, nous avons allumé les mèches amorcées placées en plein courant explosif, sans rabattre le chapeau G, en maintenant avec la main (convenablement protégée) l'allumeur dans son logement. Nous n'avons obtenu dans ces conditions aucun allumage du mélange explosif, sur trente mèches allumées dans le formène et trente mèches allumées dans le gaz d'éclairage.

En résumé, les expériences auxquelles nous avons procédé nous permettent de conclure que l'allumeur de sûreté du système « Davey, Bickford, Smith et Cie », présente un très haut degré de sécurité, tout en permettant un allumage rapide des coups de mine, et qu'il mérite d'être signalé à l'attention des exploitants de houillères grisouteuses. »

CHAPITRE IX

SOUTÈNEMENT ET REMBLAYAGE

Allonges en fer pour soutènement.— La Société des Mines de Courrières présentait, dans la partie inférieure de son exposition, un chantier d'abatage avec une disposition spéciale pour le soutènement du toit. Dans le travail d'abatage de la houille le toit de la veine doit nécessairement être supporté par un étançonnement à mesure qu'on enlève son appui naturel ; en général, on emploie, dans ce but, un boisage qu'on place en suivant l'avancement ; mais ce boisage laisse subsister au cours du travail un certain intervalle dégarni, en avant de la ligne des supports, en raison de l'espace nécessaire pour établir un nouvelle ligne.

A la Compagnie de Courrières, les ouvriers se servent, pour le soutènement provisoire de cette avancée au delà du boisage définitif, de barres de fer qu'on appelle « allonges » et qui sont placées en porte-à-faux sur le dernier chapeau, à la manière des palplanches ; ces allonges sont serrées à l'arrière par un coin qui les soulève vers l'avant et les fait appuyer fortement contre le toit. En très peu de temps, ce coin peut être décalé, l'allonge avancée et le coin resserré, et cela en reculant, afin d'opérer sous la protection du boisage définitif ; de sorte que pendant toutes les périodes de travail, les ouvriers sont garantis contre la chute d'un fragment du toit.

Les allonges ont $1^{m},30$ de longueur ; elles sont en fer carré de 35 mm. de côté et leur extrémité est effilée pour faciliter l'introduction sur le boisage et l'application contre le toit.

Chaque ouvrier dispose de trois allonges qui font partie de son outillage et dont il est responsable ; il a l'ordre de les placer au-dessus de l'endroit où il travaille, en les avançant à mesure qu'il pénètre dans la veine et en ne les retirant qu'après la pose d'une nouvelle ligne de boisage.

Le nombre des allonges actuellement employées dans les travaux des Mines de Courrières, est de plus de 6 000 et le Directeur de la Com-

pagnie attribue en grande partie à leur usage, la rareté des accidents par éboulement qui se produisent dans les chantiers.

Récupération du travail produit dans une descenderie de remblais. — La Société des houillères de Saint-Etienne présentait un plan au 1/50 et les coupes d'un dispositif installé à une descenderie de remblais pour récupérer, sous forme d'air comprimé, le travail produit sur la poulie motrice par la chute du remblai.

La poulie actionne des compresseurs d'air et un régulateur centrifuge, commandé par l'arbre moteur, agit :

1° Sur une soupape de décharge qui, au repos, met les cylindres compresseurs en communication avec l'atmosphère.

2° Sur deux obturateurs, placés entre les cylindres et la soupape précédente, et s'opposant au passage de l'air comprimé vers les réservoirs quand le régulateur est au sommet de sa course.

Pendant la manœuvre et au début de la cordée, pour une faible vitesse de la poulie, la soupape de décharge reste ouverte et les compresseurs n'opposent pas d'autres résistances au mouvement que les résistances passives.

Quand la vitesse de régime est atteinte, le régulateur, en se soulevant, ferme la soupape de décharge et l'air, comprimé dans les cylindres, s'écoule dans les réservoirs.

Si la vitesse s'accélère outre mesure, le régulateur atteint le sommet de sa course et ferme les obturateurs : l'air, comprimé dans les cylindres, n'a plus d'autre issue que des soupapes de sûreté, chargées pour une pression notablement supérieure à celle des réservoirs ; le compresseur devient un frein qui, en atténuant la vitesse, lui fait reprendre sa valeur normale.

Ce dispositif, étudié par M. Villiers, directeur de la Société, a été installé au puits de la Pompe, dont la profondeur est de 600 m. La descenderie ne fournit pas encore son débit maximum ; mais quand on descendra 600 bennes par jour, on produira 1680 m^3 d'air comprimé à 5 kg. 1/2. Si on compare cette quantité d'air à celle qui serait fournie par un compresseur à vapeur, on voit que l'utilisation de la chute du remblai engendre une force équivalente à celle que donnerait une machine de 100 chevaux.

CHAPITRE X

ROULAGE

Traction mécanique par cables et chaines flottantes

Traînages mécaniques des charbonnages de Mariemont et de Bascoup. — Dans les charbonnages aussi étendus que ceux de Mariemont et de Bascoup, la multiplicité des sièges d'extraction élève généralement la dépense de manutention des charbons ; elle rend en même temps la surveillance difficile et le contrôle peu efficace ; enfin, elle ne permet guère d'obtenir économiquement les mélanges de charbons, devenus indispensables pour satisfaire aux exigences des consommateurs.

Les deux sociétés ont appliqué depuis longtemps une solution qui tranche la difficulté en concentrant, en un même point, l'extraction de tous les sièges de chacune d'elles, au moyen de traînages mécaniques. Au point de concentration, appelé « Triage central », sont réunis les ateliers de triage et de lavage, les services de chargement et d'expédition, les ateliers de réparations, les magasins d'approvisionnements, etc. dans lesquels circulent les wagonnets sous l'impulsion des chaînes flottantes.

La Société de Mariemont exposait, dans la section belge, un plan en relief au 1/100e de son triage central, qui reçoit journellement les charbons de 6 puits d'extraction, produisant ensemble 1 700 t. des provenances suivantes.

Puits Saint-Arthur	400	tonnes
id. La Réunion	480	»
id. Abel	60	»
id. Sainte-Henriette	330	»
id. Le Placard	220	»
id. Saint-Eloi	210	»

Les trois sièges Saint-Arthur, la Réunion et Sainte-Henriette sont situés dans une même direction, est-ouest (Voir fig. 77). Au nord de cette ligne, à 600 m. se trouve le puits Abel ; au midi, à 820 m. le siège le Pla-

card et à 1975 m, Saint-Eloi. Le traînage mécanique forme un ensemble de 6 000 m. de voies. Le réseau se compose d'une ligne principale réunissant Saint-Arthur au triage central et de quatre embranchements, tous en ligne droite, suivant, à peu de chose près, les sinuosités du terrain. La ligne principale, est-ouest, a une longueur totale de 2 110 m ; elle est scindée en deux sections au point où elle rencontre la Réunion.

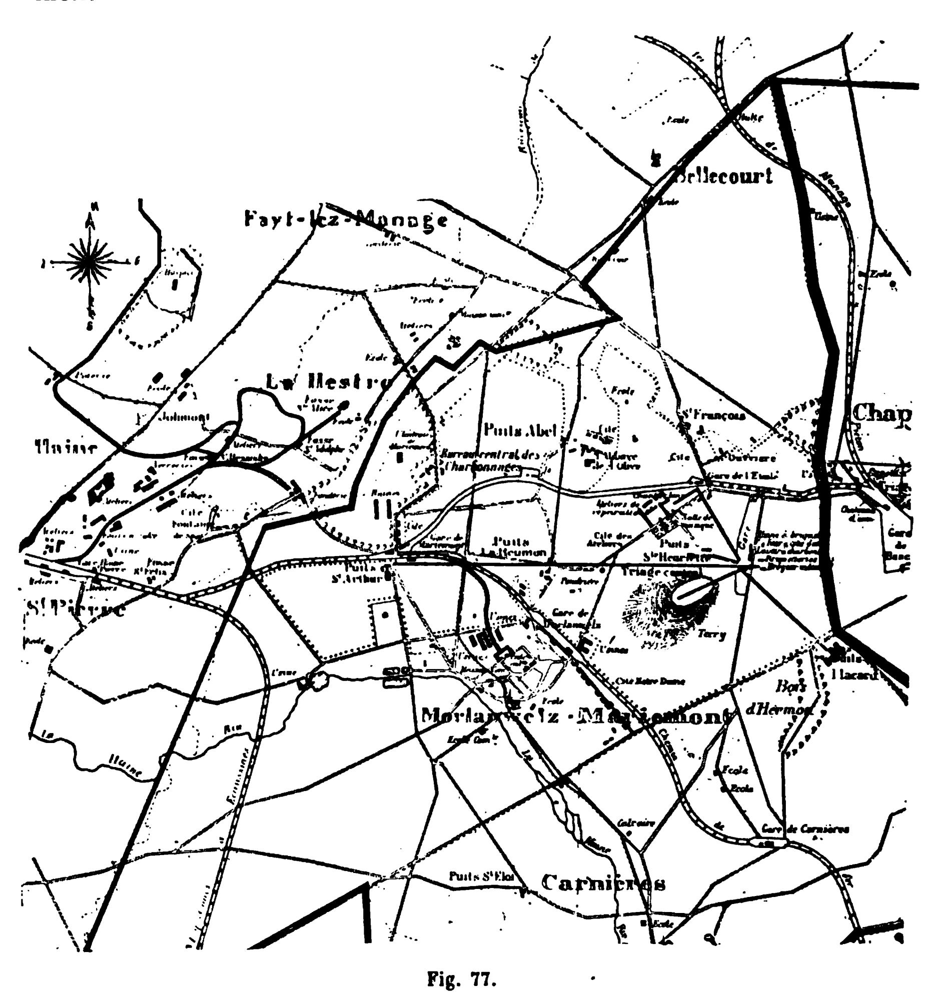


Fig. 77.

La première section, qui amène les produits de Saint-Arthur, a une longueur de 920 m ; elle est actionnée par un moteur, installé à la Réunion, qui donne le mouvement sur l'embranchement Abel, de 598 m. de longueur.

La production des trois puits Saint-Arthur, Abel et la Réunion est di-

rigée par la seconde section de la voie principale jusqu'au triage central; cette section a 1190 m. de longueur.

Au triage central, aboutissent directement les embranchements des ateliers et magasins, de Sainte-Henriette et du Placard, qui ont respectivement 480, 140 et 820 m, ainsi que diverses sections secondaires conduisant au dépôt de terres, à l'étage intermédiaire du triage, au dépôt des matériaux de construction, etc.

Parmi les ouvrages d'art principaux auxquels l'installation du traînage a donné lieu, on doit citer le tunnel de 107 m. de longueur par lequel les wagonnets traversent le remblai du chemin de fer Haine Saint-Pierre à Charleroi, qu'ils rencontrent obliquement entre Saint-Arthur et la Réunion. Sur la même section, se trouve le tunnel de 72 m. passant sous le carrefour de Montaigu. Ces deux tunnels sont à section circulaire ; ils ont $2^{m},75$ de diamètre.

Enfin, il y a lieu de signaler le pont en fer de 106 m. de longueur, au moyen duquel la section du Placard franchit obliquement le massif des chaudières, le faisceau des voies de garage de l'atelier de triage et une route.

Traînages mécaniques souterrains. — M. Dujardin-Beaumetz relatait en 1889, l'installation aux charbonnages de Mariemont d'un réseau de chaînes flottantes, dont le développement devait atteindre 9 km. Nous ne reviendrons pas sur les systèmes qui ont été employés pour donner le mouvement aux chaînes, par l'intermédiaire de moteurs à vapeur installés au fond ou par l'utilisation de la descente des charbons à un niveau inférieur de celui de l'étage en exploitation. Nous ajouterons seulement que les deux Sociétés de Mariemont et de Bascoup ont étendu leurs traînages souterrains au delà des limites projetées, puisqu'ils atteignent aujourd'hui un développement de 13 km. dont 3 km. 1/2 environ pour les puits de Bascoup.

Transport mécanique par câble sans fin système Heckel. — La Société anonyme Beer, de Jemeppe-sur-Meuse, exposait, dans la section belge de la mécanique générale, un modèle réduit du transport mécanique par câble, installé par M. Heckel aux lavoirs et fours à coke de la firme Röchling, à Altenwald.

Ce transport devait assurer le roulage des wagonnets de houille provenant d'une laverie jusqu'aux trois tours d'emmagasinage et d'égouttage des charbons, avec retour des vides sur une voie de 80 m. de longueur, horizontale pour la moitié environ de cette distance, et inclinée

jusqu'à 8° pour le reste. De plus, les courbes nécessitées par le trajet obligeaient le câble à subir des déviations de 90 et de 180°. Malgré la forte rampe imposée au constructeur, le problème a été résolu par l'emploi d'un câble lisse et de fourches montées sur les wagonnets.

Le déchargement des wagonnets est automatique ; les parois longitunales, fixées par charnières au cadre supérieur, s'ouvrent vers l'extérieur en pivotant de bas en haut ; le fond est constitué par deux plans dont l'intersection se trouve à peu près à mi-hauteurde la caisse. L'ouverture et la fermeture automatiques de ces wagonnets s'obtiennent par le jeu

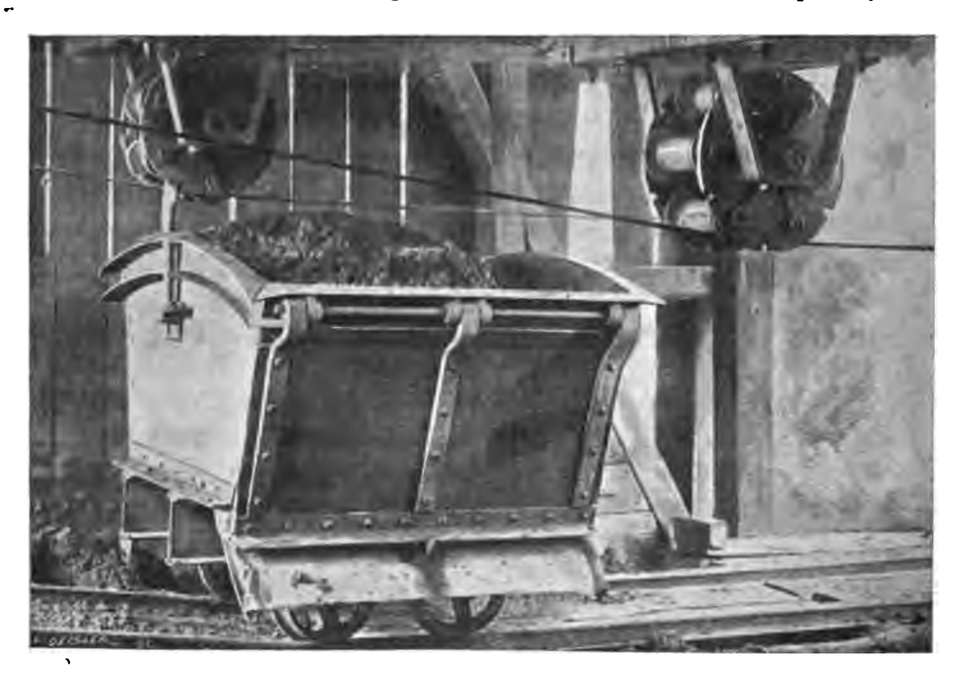


Fig. 78. — Wagonnot du transport mécaniquo, systèmo Heckel.

combiné de différents leviers, fixés sur les parois longitudinales et sous la caisse ; un autre levier, disposé également sous la caisse, se termine par une roulette se déplaçant sur la voie. Dès que le wagonnet atteint le point où doit se faire le déchargement, la roulette rencontre un petit plan incliné et le déclenchement des leviers précédents s'opère pour l'ouverture des parois. La fermeture est obtenue à l'aide de contre-rails, terminés par des rouleaux de pression munis de puissants ressorts, disposés à la sortie de chaque tour. Ces contre-rails atteignent la hauteur du bord inférieur des parois du wagonnet qu'ils pressent contre le fond ; les rouleaux complètent la fermeture en poussant les parois sous le loquet des leviers.

Les wagonnets sont en fer, ils pèsent 700 kg. et leur charge atteint 900 kg. Ils sont de faible longueur à cause des petits rayons des courbes (Voir fig. 78) ; la distance entre les essieux a été déterminée de façon à rendre impossible le déraillement des roues d'arrière, qui pourrait être provoqué par une poussée du câble sur les fourches situées à l'avant.

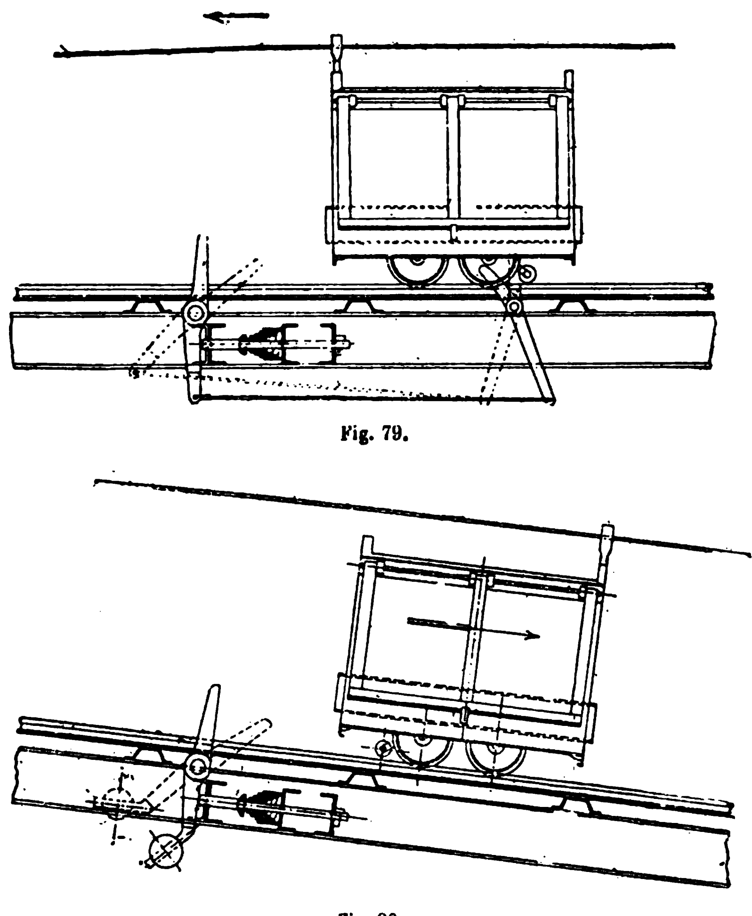


Fig. 79.

Fig. 80.

Le câble est actionné par une machine à vapeur, établie près du lavoir, au point de départ des wagonnets chargés ; une poulie motrice à double rainure, reliée à la machine par des appareils de transmission, le met en mouvement et lui imprime une vitesse de $0^{m},50$ par seconde.

A l'exception des poulies de retour, toutes les autres sont à rainures et revêtues de cuir ; ce revêtement consiste en de petits profils de cuir indépendants, réunis par un fil et disposés en couronnes dont le diamètre varie d'une poulie à l'autre. La couronne de cuir est fortement tendue

dans la rainure ; les deux bouts du fil sont conduits par des trous obliques vers les bras auxquels ils sont fixés. La forme extérieure des profils correspond à la rainure et la section intérieure est en rapport avec le câble. Cette disposition diminue l'usure du câble et celle de la poulie, et empêche les glissements de se produire.

La nécessité de maintenir le câble à une hauteur constante au-dessus de la voie, a entraîné l'emploi de poulies conductrices spéciales, aux points où l'inclinaison change ; ces poulies sont composées de rouleaux de pression et de disques à câble, montés sur un axe vertical, destinés également à coopérer à la déviation latérale.

Des arrêts sont installés sur les plans inclinés pour éviter les accidents ; les fig. 79 et 80 donnent les dispositifs employés pour le fonctionnement automatique dans les deux sens du mouvement.

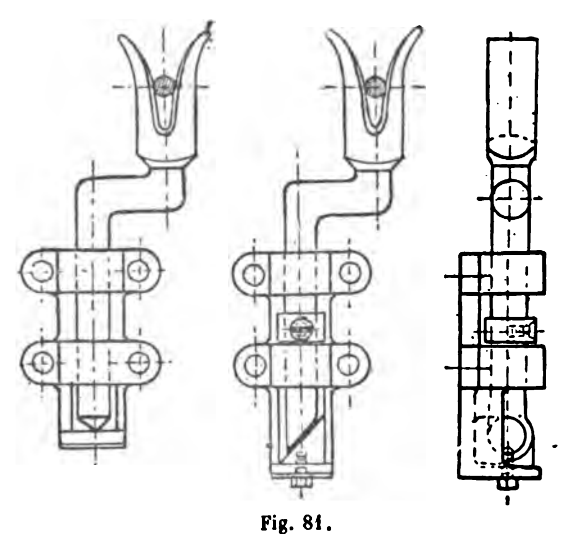


Fig. 81.

Le modèle de l'Exposition portait quelques modifications qui ont été faites après l'installation d'Altenwald, sur les fourches en particulier, dont le pivot a été remplacé par un plan incliné (fig. 81). Par suite de la traction du câble, la fourche, en tournant légèrement, s'élève sur le plan incliné et reste dans cette position tout le temps qu'elle conserve le contact avec le câble. A l'endroit où le wagonnet doit être détaché, le câble monte sur une poulie-guide et se dégage de la fourche, qui ne peut le suivre dans son ascension par suite de la présence d'une bague qui l'empêche de sortir de son support. La fourche retombe par son propre poids, tourne sur le plan incliné et se remet dans la bonne position pour être accrochée de nouveau.

Une partie de la besogne de l'ouvrier-accrocheur se trouve ainsi remplacée par un mouvement mécanique ; il restait à supprimer complètement cet accrocheur, dont l'occupation consiste surtout à s'assurer que le câble entre suffisamment dans la fourche pour que l'adhérence pro-

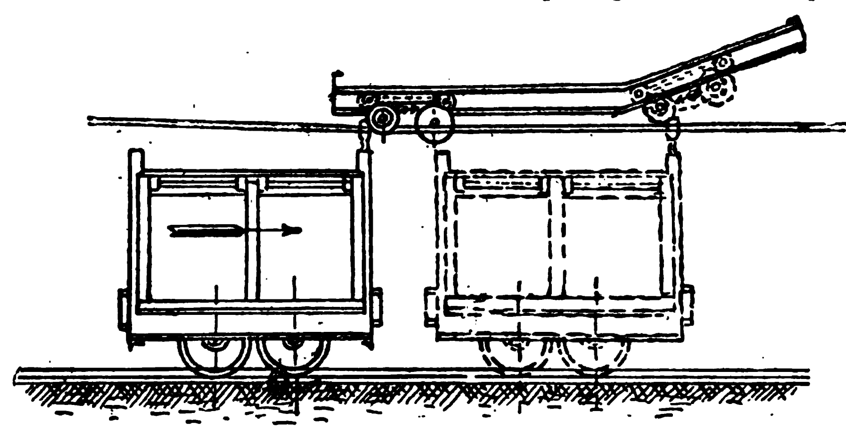


Fig. 82.

duise l'entraînement. L'appareil représenté, fig. 82, a permis d'arriver à ce but ; il se compose d'un guide métallique parallèle au câble, qui se trouve placé à l'endroit où le wagonnet doit être accroché, et dont une extrémité est un peu relevée. Dans ce guide roule un petit chariot muni de rouleaux d'abaissement, qui se trouve poussé par le wagonnet et oblige le câble à entrer dans la fourche avec l'adhérence suffisante. Quand le wagonnet est engrené, le chariot s'efface sur l'extrémité relevée du guide ; il revient ensuite par son poids à sa première position, dès que le wagonnet est passé.

Dans le cas de transport souterrain, il est préférable de laisser porter le câble par les wagonnets, afin de ne pas gêner la circulation des chevaux dans les galeries par des rouleaux placés à une faible hauteur. Cependant, quand les distances sont trop grandes, il convient d'employer

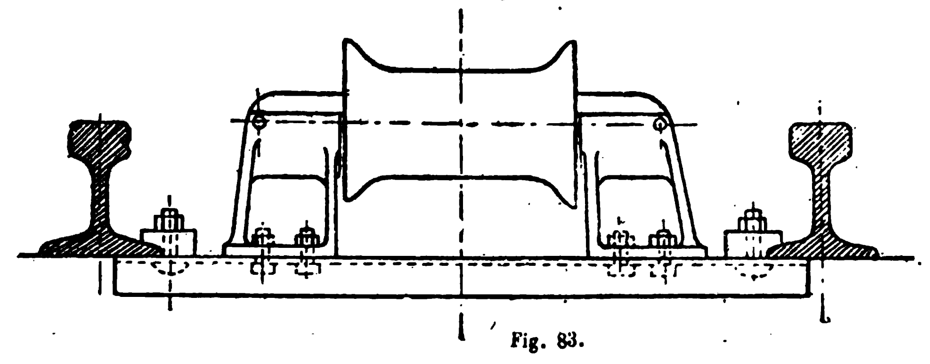


Fig. 83.

des rouleaux que l'on établit alors entre les rails de la voie (fig. 83). Les supports de chaque rouleau sont boulonnés sur un fer U fixé aux rails par des clames facilement démontables.

Les installations de transports mécaniques, construites d'après le système Heckel depuis trois années, atteignent une longueur totale de 30 km.

Traction par câble de la mine de Brüx. — Le Département des Mines et Usines d'Autriche présentait un modèle au 1/20e d'une traction par câble métallique, établie dans les galeries du puits Jules III aux mines de lignite de Brüx (Bohême). Ce transport mécanique comporte une station d'impulsion et deux stations de tête, où le mouvement est obtenu au moyen de dynamos actionnées par le courant électrique d'une ligne de transport de force motrice. Entre les stations, une chaîne de sûreté est installée dans les parties où le roulage se fait automatiquement. Les wagonnets, d'une contenance de 650 kg. de lignite, sont pourvus de fourches à 4 fourchons, applicables, tantôt sous le câble, tantôt sous la chaîne.

La vitesse de cheminement du câble est de $0^m,50$ par seconde ; elle assure l'arrivée de deux wagonnets par minute à la recette du puits d'extraction.

TRACTION SOUTERRAINE PAR LOCOMOTIVES

Transports souterrains, par locomotives électriques, des Mines de Marles. — La Société des Mines de Marles avait installé, à l'Exposition minière souterraine du Trocadéro, le matériel complet de l'un de ses types de transport par locomotive électrique. La machine, attelée à un convoi de berlines, fonctionnait, sur un trajet restreint, devant les visiteurs.

La Société de Marles a commencé en 1890, l'application des locomotives électriques à la traction des wagonnets de charbon dans ses mines. La première installation, faite au siège n° 4, comprenait deux machines de 10 chevaux chacune, alimentées par une dynamo génératrice de 40 chevaux placée au jour. En 1893, après une période d'essais et une expérience de trois années, les résultats obtenus amenèrent la Société à créer, au siège n° 5, une installation beaucoup plus importante que la première. Nous avons déjà parlé dans le chapitre « Force motrice », de la station centrale d'électricité du siège n° 5 de Marles et des machines qui fournissent le courant nécessaire au fonctionnement

des locomotives. Nous compléterons les indications données, par une description succincte des conducteurs électriques, placés dans les galeries, et des locomotives.

Les conducteurs sont formés de poutrelles en fer à I, pesant $8^{kg},75$ le mètre courant, reliées à des supports en bois; leur isolement est triple. Sur ces poutrelles, qui transmettent le courant continu à 500 volts, roulent les trolleys, composés de trois roulettes en bronze.

Chaque locomotive est actionnée par une dynamo Gramme tournant à 1 000 tours par minute. L'arbre de la dynamo est parallèle à la voie ; à son extrémité, il est pourvu d'un petit engrenage conique qui en commande deux autres, également coniques, dont l'un tourne dans un sens pour la marche avant et l'autre en sens inverse pour la marche arrière. Ces deux engrenages sont fous sur des manchons calés sur un arbre transversal portant le pignon de commande des engrenages fixés sur les essieux. L'entraînement de ces manchons, et par suite celui de l'arbre transversal, est produit au moyen de bagues en fonte qui, serrées par un coin, viennent caler l'engrenage conique sur le manchon ; ce coin est manœuvré par le volant de changement de marche.

Avant de démarrer, il est donc possible de mettre la bobine en marche et de profiter de sa puissance vive pour aider au démarrage. Le conducteur, placé sur la plate-forme d'avant, dispose : 1° d'un levier qui lui permet de couper le courant par la manœuvre d'un interrupteur ; 2° d'un levier de commande du rhéostat pour admettre le courant, le régler et le supprimer ; 3° d'un volant actionnant le changement de marche mécanique ; 4° d'un volant actionnant un frein à vis ; 5° d'une manette de commande de la sablière, dont il se sert assez rarement, pour faciliter le démarrage.

La locomotive pèse 3200 kg. Elle reçoit le courant à 500 volts et développe un travail utile de 15 chevaux ; elle remorque un train de 30 wagonnets contenant chacun une demi-tonne de charbon, à la vitesse de 14 km. à l'heure ; cette vitesse peut atteindre un maximum de 16 km. La machine absorbe, dans ces conditions, 35 à 38 ampères et fournit, en tonnage transporté, un travail correspondant à celui de 10 chevaux de mine de force moyenne. Ce chiffre permet de se rendre compte de l'économie qu'il est possible de réaliser avec l'emploi des locomotives électriques ; elle varie de 50 à 65 0/0 quand le travail à fournir est assez important. C'est le cas pour les douze locomotives actuellement utilisées au siège n° 5, qui produit 600 000 t. de charbon par an, avec des travaux éloignés des puits d'extraction.

Dans les galeries à faible débit, les chevaux sont maintenus ; la locomotive n'y serait pas économique.

Les machines ont des directions variées, ce qui a donné lieu à une complication assez grande. On a obtenu une solution pratique en posant le principe du transport par relais ou par sections, dans un double but : 1° Eviter le télescopage des trains ; 2° Laisser libre la moitié de la section de la galerie pour la circulation du personnel. De plus, en vue d'assurer la plus complète sécurité, le parcours des locomotives est éclairé par des lampes groupées en tension.

Puis, il a fallu se préoccuper d'aiguiller les trolleys sur la ligne des conducteurs ; comme cette ligne est double, le système des tramways n'était pas applicable. Après avoir tenté plusieurs essais, on s'est arrêté à la disposition suivante, étudiée par M. Durant, ingénieur principal. Les huit mètres de voie électrique précédant une bifurcation sont mobiles par leurs éclisses ; ils sont supportés au moyen de rouleaux se déplaçant sur une traverse en fer ; ils peuvent donc se placer en face de la partie bifurquée que doit suivre le trolley ; des verrous isolés assurent la rigidité de la jonction.

Enfin, pour permettre aux différentes locomotives l'indépendance de leurs mouvements, on a assuré la continuité du courant en reliant la partie de voie électrique unique à l'une des branches bifurquées, et celle-ci à l'autre, par des barres de fer.

Traction par locomotives électriques aux mines de Nœux. — La Compagnie des Mines de Vicoigne et Nœux a appliqué, pour le roulage des berlines dans les travaux du fond, la traction électrique au moyen de locomotives à accumulateurs, dont un modèle figurait dans son exposition de la classe 63.

Les fosses de Nœux ayant toutes des quartiers grisouteux, la première condition à poser devait être nécessairement l'absence complète d'étincelles dans l'atmosphère des galeries. Le trolley fût donc proscrit et les accumulateurs s'imposèrent. De plus, comme la Société possède un transport de force en courant triphasé à haute tension, il fallut installer à proximité des puits intéressés une station de transformation de courant et de charge des accumalateurs, dont nous avons parlé au chapitre de la force motrice.

Les conditions générales, imposées à la Société alsacienne de Belfort qui a construit les locomotives, étaient les suivantes :

1° Pouvoir remorquer, avec une vitesse de 11 à 12 km. à l'heure,

un convoi de 20 à 25 berlines vides, pesant chacune 280 kg., sur une rampe de 8 mm. par mètre, en moyenne;

2° Pouvoir remorquer, avec la même vitesse, sur une pente de 8 mm. par mètre, en moyenne, le même convoi chargé de 500 kg. de charbon par unité;

3° Faire entrer la locomotive, sans aucun démontage, dans les cages en service aux différentes fosses de la Compagnie;

4° Pouvoir effectuer un parcours, aller et retour, de 6 km., sans recharger la batterie d'accumulateurs;

5° Pouvoir recharger la batterie pendant le temps correspondant à la durée d'un parcours;

6° Présenter toutes les garanties possibles au point de vue du grisou.

Après des essais effectués dans la mine à l'aide d'un chariot dynamométrique, il fût reconnu que la puissance nécessaire ne dépasserait pas 15 chevaux et qu'une batterie d'accumulateurs de 60 ampères-heure de capacité, sous 100 volts, serait suffisante.

Dans les conditions qui précèdent, il était impossible, tant au point de vue du poids qu'à celui de l'encombrement, de loger la batterie des accumulateurs sur la locomotive même et il fût admis que cette batterie serait portée par un truck spécial, dont les dimensions d'encombrement ne dépasseraient pas celles de la locomotive.

Caractéristiques de la Locomotive:

Puissance du moteur	20 chx
Voltage aux bornes	100 v.
Nombre de tours du moteur	850 .
Rapport de réduction	6,9
Deux essieux commandés par chaîne.	
Diamètre au contact des roues	500 mm
Vitesse en kilomètres	11,500
Poids de la locomotive seule	2 850 kg.
Poids par essieu	1 425 »
Ecartement entre rails	600 mm
Poids au mètre du rail employé	12 kg.

Batterie d'Accumulateurs

(Type Tudor à charge rapide)

Nombre d'éléments		51
Capacité au régime en ampères-heure		60
Charge	Sous voltage constant de 130 volts. Intensité au début de la charge	180 a.
	Intensité à la fin de la charge	70 a.
	Durée	30'

La batterie doit être rechargée quand la force électromotrice est descendue en marche à	92 v.
Poids du truck et de la caisse vide	1 500 kg.
id. d'un élément.	30 »
id. du truck complet en ordre de marche	3 030 »

La fig. 84 donne les détails de construction de la locomotive et de son truck.

La dynamo est à 4 pôles, avec balais en charbon, ne nécessitant que de rares visites du collecteur. L'ensemble du moteur constitue une enveloppe étanche en acier, très robuste, renfermant le collecteur et les balais, et dans laquelle aucune rentrée d'air grisouteux n'est possible, cette enveloppe contenant toujours de l'air comprimé à une pression de 1/2 à 2 kg. A cet effet, la locomotive porte, derrière le moteur, un petit réservoir cylindrique en tôle, que l'on remplit de temps à autre, à l'accrochage, d'air comprimé à 5 ou 6 kg. pris sur les conduites du fond; la tubulure de remplissage est munie d'un clapet de retenue; l'intérieur de la dynamo peut être mis en communication avec le réservoir à l'aide d'un petit tuyau et d'un robinet. Une soupape de sûreté limite la pression de l'air dans l'enveloppe, et un manomètre, placé à portée de la vue du mécanicien, indique si la pression est toujours effective.

L'arbre moteur traverse l'enveloppe au moyen d'un presse-étoupe; il porte un pignon en cuir vert.

Un coupleur, dont le volant de manœuvre se trouve à côté du mécanicien, permet de renverser le sens de la marche du moteur et d'introduire des résistances pour avoir quatre vitesses dans les deux sens de la marche. Les boudins de résistance et les touches du coupleur sont enfermés dans des boites en fonte étanches et baignés dans de l'huile de vaseline.

Uu frein puissant, dont le volant de manœuvre est bien à portée du conducteur, permet d'arrêter le convoi dans un temps très court.

Un interrupteur automatique, renfermé dans une boîte en fonte remplie d'huile, limite l'intensité du courant et remplace avantageusement un coupe-circuit fusible.

Enfin, à l'avant de la locomotive comme à l'arrière du truck, l'attelage avec les berlines se fait au moyen d'un crochet ou d'un anneau fixé à l'extrémité d'un câble souple en acier, qui s'enroule autour d'un tambour à ressort quand il est abandonné à lui-même. Ce dispositif permet de décrocher rapidement la locomotive du train, quand elle

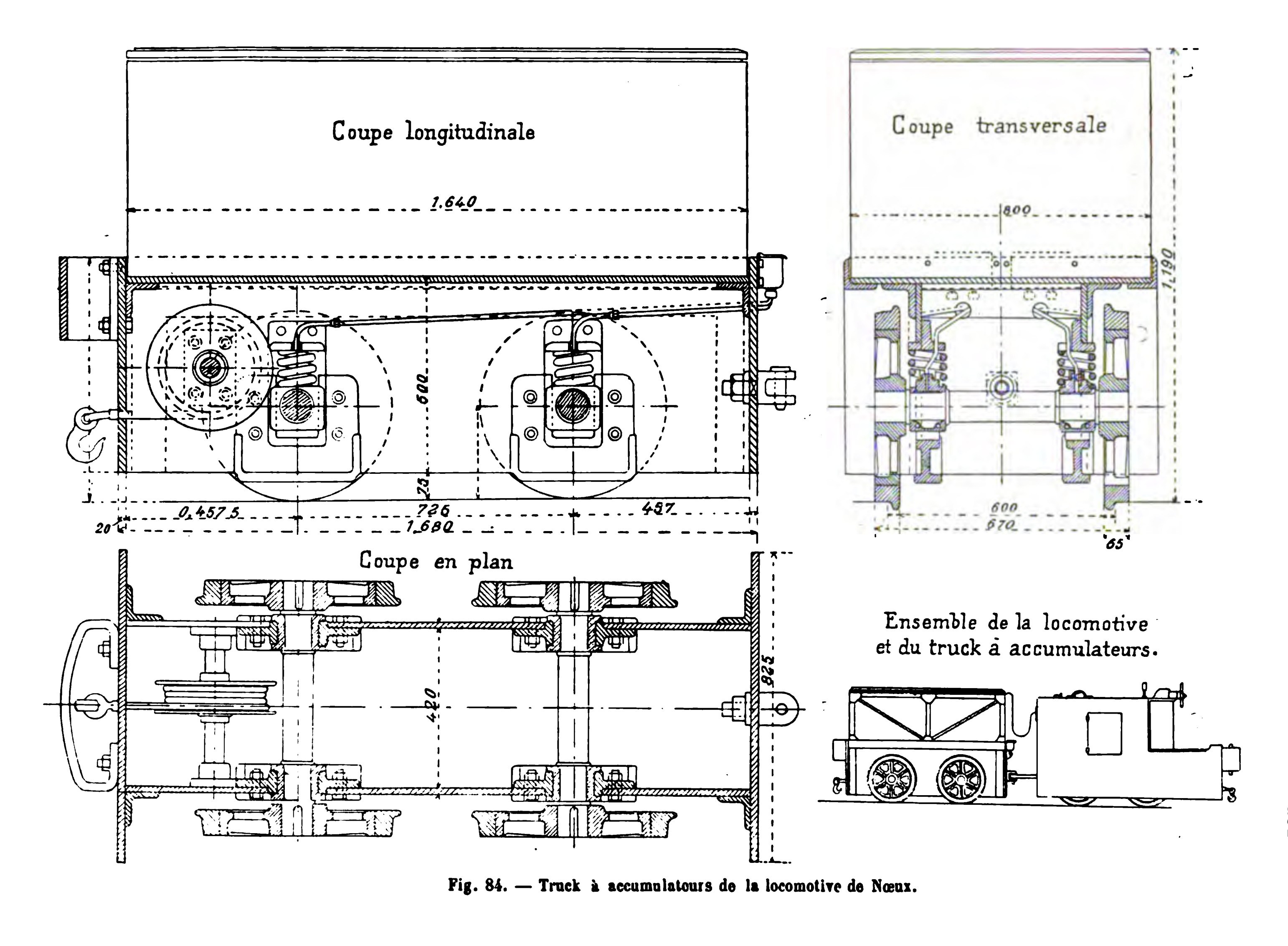


Fig. 84. — Truck à accumulateurs de la locomotive de Nœux.

arrive près de l'accrochage, ou de l'aiguiller sur une voie de garage en laissant filer le train sur la voie principale sous l'impulsion de la vitesse acquise.

Les accumulateurs, au nombre de 51, sont du type Tudor, à charge rapide. Leur charge pourrait se faire en 10 minutes, si les transformateurs de la station de charge étaient capables d'un débit suffisant. Les plaques sont contenues dans des boîtes en ébonite, fermées par une plaque en caoutchouc et une matière isolante pour éviter la projection d'eau acidulée. Une petite tubulure en ébonite, recouverte d'un capuchon en caoutchouc, permet le remplissage des éléments et assure le dégagement des gaz pendant la charge.

Pour éviter des ruptures de connexions, celles-ci sont toutes en plomb avec soudures autogènes.

La caisse qui contient les éléments est en chêne renforcé par des armatures en fer. Elle est revêtue, à l'intérieur, de plaques de verre recouvertes de gomme laque. Un couvercle en chêne, avec joint constitué par un boudin de caoutchouc, rend la caisse aussi étanche que possible.

Ces locomotives ont été essayées très soigneusement, au jour, sur une voie établie dans ce but et présentant des courbes et des contre-courbes nombreuses à petits rayons, ainsi que des rampes atteignant 25 mm. par mètre.

Le programme imposé a été parfaitement rempli. La locomotive a remorqué aisément 25 berlines vides (7 000 kg.) à la vitesse prévue, sur une rampe de 8 mm, et elle a démarré ces 25 berlines sur une rampe de 25 mm. Elle passait enfin, dans des courbes de 10 m. de rayon, avec une vitesse de 11 à 12 km à l'heure, et dans des courbes de 6 m. de rayon, avec une vitesse moindre.

Locomotive électrique Thomson-Houston. — La Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston présentait, dans son pavillon de Vincennes, un des nombreux types de locomotives à trolley en usage pour la traction souterraine, dans les mines des États-Unis.

Le bâti de cette machine est constitué par deux longerons en fonte massive, boulonnés à deux traverses de tête, et reposant par l'intermédiaire de deux ressorts à boudin, sur les boites à graisse. Ce bâti protège complètement le mécanisme intérieur de la locomotive (fig. 85); il est assez lourd et assez résistant pour rendre difficile toute détério-

ration provenant des chocs que la machine est appelée à subir. Les deux longerons du châssis sont évidés pour recevoir les boîtes à graisse, les ressorts de suspension, les tabatières et la perche de trolley; aux extrémités se trouvent les butoirs et les chapes d'attelage.



Fig. 85. — Locomotive électrique, système Thomson-Houston.

Les freins à sabot agissent sur les quatre roues; ils sont manœuvrés par une manivelle à cliquet et ne demandent qu'un effort très léger pour entrer en action.

Le controller, du type en usage sur les tramways, occupe un espace restreint et reste facilement accessible; il est pourvu d'un souffleur magnétique, qui rend impossible toute détérioration par formation d'arc, et il est disposé de manière à permettre, dans les cas urgents, un freinage électrique de la locomotive. Sur ce controller même, près de la manette des changements de vitesse, se trouve le commutateur de changement de marche.

Le rhéostat, constitué par des lames de tôle enfermées dans des feuilles d'amiante et montées sur porcelaine réfractaire, est incombustible; sa capacité est calculée pour qu'il ne puisse donner lieu à un grand dégagement de chaleur dans les conditions normales de fonctionnement.

Le trolley consiste en une poulie à gorge, montée sur une perche complètement isolée, et légèrement pressée sous le fil de contact par un ressort à spirale. Ce trolley peut être monté indifféremment sur l'un ou l'autre côté de la locomotive dans la douille placée, à cet effet, sur chaque longeron du châssis. Le montage du trolley sur l'une des douilles

le met automatiquement en connexion avec les câbles d'amenée du courant aux moteurs. Le trolley pivote librement autour de son point d'attache, dans le sens latéral et dans le sens transversal de la locomotive, pour suivre les inflexions du fil de prise du courant.

La machine peut être munie d'un autre genre de trolley pour obtenir la marche dans les deux sens, avant ou arrière, sans qu'il soit nécessaire de toucher au trolley. Dans ce cas, la roulette au lieu d'être montée sur une perche, est portée par un parallélogramme articulé.

Quand le fil de trolley est obligé de suivre les ressauts brusques des galeries, la roulette à gorge de prise de courant est remplacée par un rouleau métallique maintenu entre deux parallélogrammes articulés.

Le moteur, du type cuirassé, analogue à ceux des tramways, est enfermé dans une carcasse en acier hermétiquement close, qui protège les parties mobiles et s'ouvre en deux parties pour faciliter l'inspection des organes.

Les balais, en charbon, évitent la production d'étincelles sur le collecteur; la vitesse de l'armature, très faible, ne donne lieu qu'à une simple réduction par engrenages.

Le poids du moteur n'est supporté qu'en partie par les essieux de la locomotive, grâce à une disposition spéciale qui soustrait le moteur à l'action directe des chocs produits par le passage des roues sur les joints des rails.

Enfin, toutes les parties susceptibles d'usure sont interchangeables et peuvent être facilement remplacées.

Locomotive électrique Siemens et Halske. — La maison Siemens et Halske, de Vienne, présentait dans la section autrichienne des groupes IV et V un modèle des locomotives en usage dans les mines de l'État autrichien.

Cette machine, d'une construction très robuste, comporte deux moteurs à courant continu développant ensemble une puissance de 35 chevaux, qui peut atteindre facilement 40 chevaux au démarrage. Les deux pignons, montés sur les arbres des moteurs, actionnent une roue commune, calée sur un arbre intermédiaire qui transmet à son tour le mouvement aux deux essieux par l'adjonction d'une autre roue et de deux pignons.

A l'avant et à l'arrière de la locomotive, sont placés le volant de manœuvre du controller et celui du frein à main. De plus, un levier, enclenché avec le volant du controller, ne permet au mécanicien de changer

le sens du courant qu'au moment où le rhéostat de démarrage n'est plus intercalé dans le circuit.

Un trolley en parallélogramme, flexible dans le sens longitudinal et dans le sens transversal de la voie, assure la prise de courant et le rail sert de conducteur de retour. Sous une tension de 300 volts, la locomotive fonctionne à la vitesse de 12 km. à l'heure; son poids total est de 6 000 kg. environ.

Locomotive électrique Ganz. — A proximité de la machine précédente, mais dans la section hongroise, la Société Ganz et C[ie] exposait une locomotive électrique à courant triphasé, construite spécialement pour le service souterrain dans les mines.

Son bâti consiste en un châssis de fer forgé, monté sur les quatre paliers des essieux par l'intermédiaire de huit ressorts à boudin. Le moteur repose sur ce châssis par deux autres ressorts et porte deux bras en fonte pour recevoir les paliers d'un arbre intermédiaire. Celui-ci est mis en mouvement par le pignon du moteur et il transmet son action à l'un des essieux au moyen d'un autre engrenage ; le second essieu est relié au premier par une chaîne de commande; cette disposition a été adoptée afin d'utiliser le poids maximum sur un seul essieu pour obtenir la plus grande adhérence possible.

Le moteur triphasé développe 12 chevaux en marche normale; mais pendant les courtes périodes de démarrage, il est capable de produire 18 chevaux. Le courant est conduit dans la partie fixe; la partie tournante porte trois bagues par lesquelles un rhéostat peut être interposé dans l'enroulement secondaire, au moment de la mise en marche. La prise de courant se fait par deux trolleys et le rail sert de troisième conducteur

Le controller, combiné par un arrangement mécanique avec le commutateur, est disposé à côté du siège du conducteur qui peut le manier par un volant. Un second volant de manœuvre actionnant les freins est installé près du controller; son mouvement se transmet à chaque frein des quatre roues par des vis et un système de leviers. L'ensemble des appareils de manœuvre existe à l'avant et à l'arrière de la locomotive, afin de permettre au conducteur de se déplacer pour les deux directions de marche.

La locomotive est construite pour fonctionner sous un courant triphasé de 300 volts, à la vitesse de 12 km. à l'heure; son poids total atteint 3 600 kg.

Plans inclinés

Plan incliné à chariot porteur. — La Compagnie des Mines de Courrières a installé dans son exposition de la classe 63, un tronçon de plan incliné à chariot porteur muni de tous les appareils nécessaires à son fonctionnement.

Le plan incliné est formé de deux voies ayant un axe commun ; la voie intérieure, de $0^m,47$, sert au roulement du contrepoids ; la voie extérieure, d'un mètre, reçoit le chariot porteur ; toutes deux sont constituées par des rails Vignole de 10 kg. Les quatre rails reposent sur les mêmes traverses en fer ∪ et y sont fixés suivant un procédé spécial : les deux rails d'un même côté sont engagés dans des oreilles fixes, extérieures à ces rails, et sont maintenus intérieurement par des clames pivotant autour d'un boulon.

Pour établir la voie, on pose les rails de manière que leurs patins soient engagés dans les oreilles et on les serre à fond en faisant tourner la clame, en l'amenant par quelques coups de marteau en superposition avec la traverse et en la maintenant dans cette position par une broche.

A l'endroit où le chariot et le contrepoids se croisent, les deux voies sont dénivelées ; celle du chariot s'élève un peu et celle du contrepoids s'abaisse ; les rails de roulage du chariot sont alors supportés par des petites chaises de hauteurs successives différentes, dont le maximum est de $0^m,17$.

Le chariot, tout en fer, a la forme indiquée au croquis (fig. 86). La branche supérieure qui porte l'attache forme avec le tablier horizontal un angle constant ; la branche inférieure, qui supporte le tablier, peut au contraire former avec celui-ci un angle variable, ce qui permet le réglage suivant l'inclinaison du plan. Ce réglage est facilement obtenu au moyen de bielles latérales percées d'une série de trous.

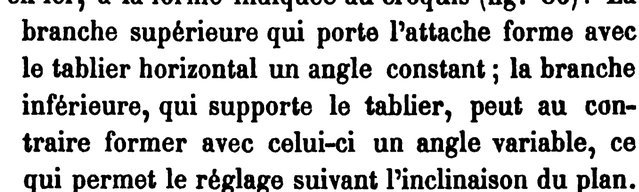


Fig. 86.

Les roues du chariot et du contrepoids sont munies de boîtes à graisse et leurs jantes sont en forme de gorges.

De cette façon, si un obstacle, une pierre par exemple, se rencontre sur un rail, la roue opposée maintient le véhicule dans l'axe du chemin et, l'obstacle franchi, la roue qui a sauté par-dessus est obligée de retomber d'aplomb sur le rail.

Appareil de sécurité. — Pour empêcher que le rouleur ne puisse avancer jusqu'au plan incliné et y lancer étourdiment la berline qu'il pousse, ce qui peut l'entraîner lui-même et le rendre victime d'un accident, on emploie un taquet d'arrêt qui s'ouvre seulement quand le chariot est amené en face de la voie.

Ce taquet est formé d'une broche coulissant horizontalement dans deux œillets fixés au roulage et se terminant par un coude d'équerre qui constitue l'obstacle pour les roues des berlines.

Quand on veut passer, il faut renverser le taquet; mais la disposition des pièces est telle qu'on ne peut le faire qu'en poussant la broche en avant; elle pénètre ainsi dans l'intérieur du plan incliné de sorte que la libre circulation du chariot se trouve empêchée.

Pour exécuter une manœuvre, il faut donc procéder de la manière suivante: Demander le chariot, puis, quand il est arrivé, pousser la broche en avant pour dégager le taquet; on peut alors avancer la berline; mais en poussant la broche, on la fait pénétrer dans un œillet que porte le chariot, ce véhicule se trouve fixé du même coup et empêché de partir inopinément à la suite d'une fausse manœuvre de l'ouvrier chargé du frein.

Quand la berline a été avancée sur le tablier, si on veut faire partir le chariot, on dégage la broche et le taquet est ramené dans sa position d'arrêt; le rouleur peut alors quitter son poste: on est certain qu'il laisse derrière lui le chemin bloqué.

En résumé, l'appareil rend obligatoire la fermeture de la voie d'accès, dans l'intervalle des manœuvres, et la fixation du chariot pendant les manœuvres: il évite ainsi une double cause d'accident.

L'idée de ce système est de M. Méline, des Mines de Douchy; seule, la disposition a été légèrement modifiée pour l'application qui est faite aux Mines de Courrières.

Descenderie. — La Compagnie des Mines de Courrières montrait à la classe 63, son type ordinaire de descenderie complètement appareillée.

La descenderie a deux voies de roulage, l'une pour les berlines montantes, l'autre pour les berlines descendantes; les platelages auxquels aboutissent les voies qui desservent les tailles chassantes, sont généralement étagés de 12 en 12 m. Les rails sont courbés en sens inverse aux passages des platelages de manœuvre, constitués par des plaques de fonte en cinq parties formant le remplissage entre les rails ininterrom-

pus ; ces cinq pièces reposent par des portées à encoches sur deux fers U pliés d'équerre à leurs extrémités, de façon à assurer la stabilité et la rigidité de l'ensemble.

Les berlines sont remorquées par l'intermédiaire d'un câble sans fin auquel elles sont accrochées par des chaînes.

Le mouvement étant toujours dans le même sens, le treuil à air comprimé qui le produit ne porte pas de changement de marche. Ce treuil est construit spécialement pour les Mines de Courrières par la maison Messian, de Cambrai.

Appareils de sécurité. — L'entrée des deux voies du plan incliné est barrée par des taquets à chaîne, disposés pour revenir normalement dans la position de fermeture ; l'un des taquets s'ouvre automatiquement par l'action de la berline montante, l'autre est ouvert à la main, à distance, au moyen d'une chaînette ou d'un fil de fer.

Chaque taquet se compose d'un fer plat percé d'un trou et embroché sur un appendice qui fait corps avec un support en fer qu'on fixe aux bois des parois ; une chaîne portant un petit contrepoids est attachée au fer plat, en aval, et accrochée d'autre part à un point fixe de la paroi du treuil.

Quand le fer plat est poussé par la berline montante ou quand on tire sur le fil de fer de commande, le taquet s'efface et le passage est libre ; le taquet est ramené aussitôt contre la butée, dès que l'action de la berline ou du fil de fer vient à cesser.

Aux platelages intermédiaires, le barrage du plan, pendant la manœuvre de l'accrochage, est obtenu avec un autre appareil auquel les ouvriers ont donné le nom de « Fusil » en raison de sa forme qui rappelle un peu celle de cette arme. Cette barrière est placée en aval de chaque platelage de manœuvre et doit être fermée par l'ouvrier quand il s'avance pour accrocher une berline. Elle est formée d'un balancier, aux bras de même longueur mais de poids différents, placé sur un support de telle façon que le balancier soit stable dans la position horizontale et dans la position verticale ; un simple coup de la main suffit donc pour dégager ou pour fermer l'entrée.

Cet appareil n'est pas automatique ; mais il a l'avantage de pouvoir être manœuvré très facilement et d'obéir très rapidement.

Attelage des berlines. — Pour accrocher les berlines entre elles et pour former les trains, la Compagnie des Mines de Courrières emploie une chaînette à cinq maillons commençant par un anneau fixé à la ber-

line et se terminant par un T. Le T d'une berline est passé dans l'anneau de celle avec laquelle on veut l'accrocher et réciproquement ; on a ainsi un double attelage très résistant qui a plus de chances de ne pas faire défaut que l'attelage simple.

Le même système est adopté, à Courrières, pour accrocher les berlines aux câbles des plans inclinés et des descenderies ; les câbles se terminent par des chaînes identiques à celles des berlines et s'entrecroisant avec elles.

De plus, ce système permet une mesure de sécurité appréciable pour la circulation du personnel dans les plans inclinés. Quand on doit monter un plan, on fixe l'extrémité inférieure du câble à une chaînette d'attelage ordinaire qui est accrochée à l'un des bois de soutènement. Cette chaînette et celle qui termine le câble sont entrelacées comme dans l'attelage habituel ; si, par inadvertance, le rouleur de la tête du plan fait descendre une berline, celle-ci peut être arrêtée par le câble solidement amarré à la base du plan.

CHAPITRE XI

AÉRAGE

Ventilateurs

Ventilateur centrifuge système Rateau. — La maison Biétrix, Leflaive, Nicolet et Cie, de Saint-Etienne, présentait un ventilateur Rateau aspirant et soufflant, mis en mouvement par un moteur électrique.

L'appareil se compose de deux parties :

1° La turbine, organe mobile.

2° L'amortisseur ou transformateur de la force vive du fluide.

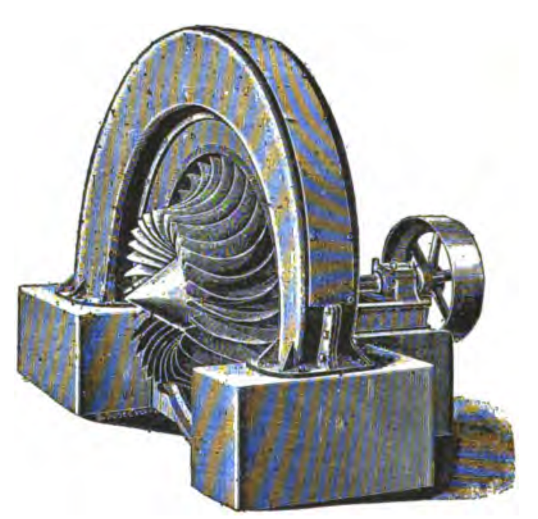


Fig. 87. — Ventilateur Rateau.

La *turbine* est constituée par un disque tronconique en fonte, sur lequel sont fixées, par des cornières, 24 ailes en tôle d'acier de forme spéciale, embouties à la presse hydraulique. Les ailes sont découpées dans une surface formée par un arc de cercle animé d'un mouvement conoïdal.

Le bord libre des ailes se meut, avec le moindre jeu possible, en face d'une paroi fixe engendrée par un quart d'ellipse tournant autour de l'axe. Par ces dispositions spéciales, l'inventeur s'est proposé :

1° D'obtenir des ailes rigides, grâce à la courbure qu'elles présentent dans tous les sens.

2° De saisir sans choc, l'air qui arrive dans l'ouïe parallèlement à l'axe, et de le refouler à la périphérie avec la plus grande vitesse possible.

3° De pousser progressivement les différentes particules du fluide et de leur faire décrire, sous des vitesses relatives légèrement croissantes, des trajectoires présentant des rayons de courbure à peu près constants.

La roue est fixée sur l'arbre par un emmanchement à cône et le fluide est guidé vers les ailes par le pavillon conique qui précède l'ouïe.

Après sa sortie de la turbine et avant son entrée dans l'atmosphère, l'air traverse l'*amortisseur* ou diffuseur. Celui-ci a pour but de permettre la transformation presque complète de la force vive du fluide en pression, avant l'entrée dans la cheminée, et cela tout en évitant le choc de l'air qui sort de la roue avec celui dont la vitesse est déjà ralentie.



Fig. 88.
Amortisseur Rateau.
Coupe par l'axe de la turbine.

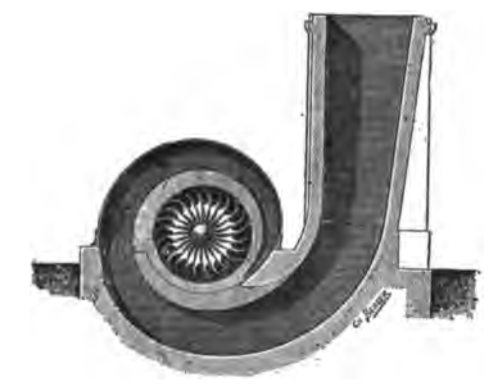


Fig. 89. — Amortisseur Rateau.
Coupe perpendiculaire à l'axe de la turbine.

Cette dernière condition est essentielle pour avoir un bon rendement mécanique, car on sait que lorsque des courants fluides de vitesses différentes se mélangent, il se produit une perte d'énergie mécanique proportionnelle au carré de la différence des vitesses.

L'amortisseur se compose de trois éléments.

1° Un diffuseur spiral plat, formé par deux plateaux parallèles, limités d'un côté à la circonférence périphérique de la roue, de l'autre à une spirale d'Archimède ; de sorte que la hauteur de ce diffuseur, comp-

tée suivant le rayon, augmente progressivement depuis le point de départ.

2° Un collecteur en volute à section carrée, croissant avec la hauteur des plateaux du diffuseur plat.

3° Une cheminée pyramidale faisant suite à la volute et achevant d'éteindre la vitesse du fluide.

Le ventilateur exposé a $1^m,550$ de diamètre de turbine et d'ouïe. Avec une pression ou une dépression de 60 mm. d'eau, il donne 18 m^3 par seconde à la vitesse de 305 tours, pour une puissance de 22 chevaux. Avec une pression ou une dépression de 100 mm, il donne 25 m^3 à 395 tours pour 50 chevaux. Il est applicable à des orifices équivalents variant de $0^{m^2},60$ à $1^{m^2},40$.

Le plus grand modèle de ventilateur centrifuge Rateau a été livré récemment au charbonnage Monopol du Nord-Est de Dortmund et installé au puits Erinberg. Il a 4 m. de diamètre de turbine.

Cet appareil est actionné par une machine à vapeur compound à soupapes, de dimensions caractéristiques suivantes :

Alésage du petit cylindre	525 mm.
id. du grand cylindre	700 d°
Course des pistons	1 050 d°

Il débite 130 m^3 par seconde sur un orifice équivalent qui est sensiblement l'orifice équivalent de marche normale.

Les expériences effectuées le 12 février 1899 sur ce ventilateur ont donné les résultats indiqués dans le tableau ci-après.

NOMBRE DE TOURS		DÉPRESSION en mm. d'eau	DÉBIT EN M3 par seconde	PUISSANCE EN CHEVAUX		RENDEMENT mécanique	POUVOIR manométrique	PRESSION barométrique dans les galeries	ORIFICE équivalent en m²
Machine	Ventilateur			utile	indiquée				
56,5	186,9	165,5	111,6	246,2	302	0,81	0,91	729	3,30
69,6	229	234,3	131,2	410	510	0,80	0,87	724	3,26

En consentant à perdre un peu sur le rendement mécanique, on ferait facilement débiter à cet appareil 150 m^3 par seconde, tout en restant dans d'excellentes conditions de fonctionnement.

Ventilateur Mortier. — La Compagnie des Mines de Bruay présentait, dans son installation d'ensemble de la fosse N° 5, les modèles réduits d'un ventilateur système Mortier et d'un ventilateur système Guibal, actionnés par machines à vapeur, et fonctionnant alternativement pour assurer l'aérage de la mine, le second formant réserve du premier.

Nous reproduisons dans les planches hors texte l'installation d'ensemble du ventilateur Mortier, qui répond aux conditions d'établissement suivantes :

Diamètre de la turbine	2^m,400
Largeur de la turbine	1^m,436
Nombre d'ailes de la turbine	36
Nombre de tours en marche normale	260
Débit correspondant en m^3 par seconde	55
Nombre de tours en marche forcée	340
Débit correspondant en m^3 par seconde	80

La machine à vapeur monocylindrique possède une distribution système Rider, variable par le régulateur; ses caractéristiques sont :

Diamètre du cylindre	550 mm.
Course du piston	700 d°
Nombre de tours en marche normale	98
Nombre de trous en pleine puissance	128
Puissance normale	310 ch^x.

Le rapport du diamètre de la poulie-volant à celui de la poulie de commande de la turbine est de $\frac{3\,510}{1\,300} = 2,7$.

La machine peut fonctionner à volonté avec échappement à l'air libre ou avec condensation.

Le ventilateur Guibal, à grande vitesse, possède deux ouïes d'entrée d'air; il répond aux conditions d'établissement suivantes :

Diamètre de la turbine au bout des ailes	6^m,500
Largeur des ailes	1^m,700
Nombre des ailes (celles-ci entièrement en fer)	16
Nombre de tours en marche normale	98
Débit correspondant en m^3 par seconde	55
Nombre de tours maximum	128
Débit correspondant en m^3 par seconde	80

La machine motrice actionnant le ventilateur Guibal est identique à celle du ventilateur Mortier, mais elle attaque directement la turbine, sans l'intermédiaire d'une courroie.

Les deux appareils de ventilation sont en communication avec le puits

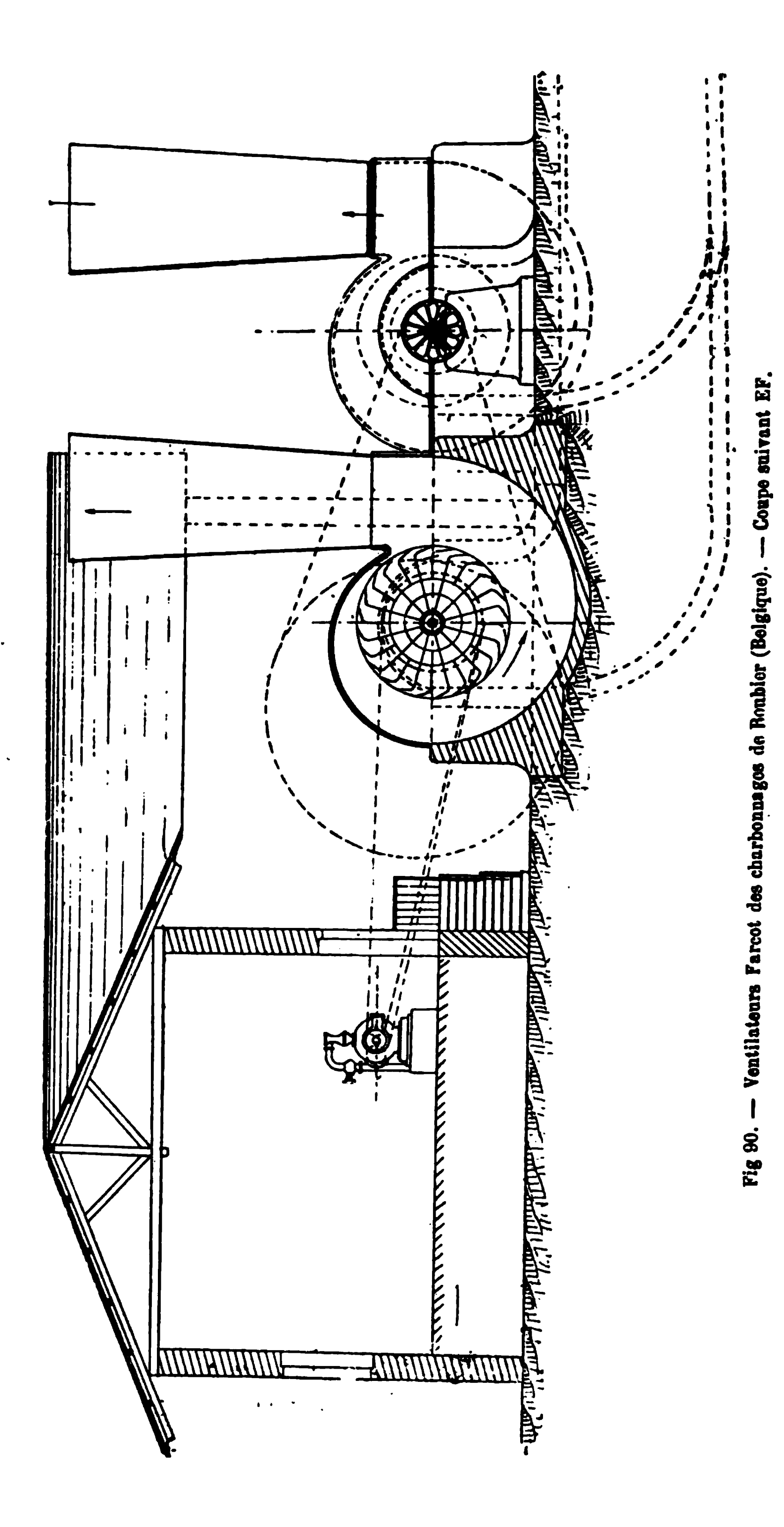


Fig 90. — Ventilateurs Farcot des charbonnages de Ronbier (Belgique). — Coupe suivant EF.

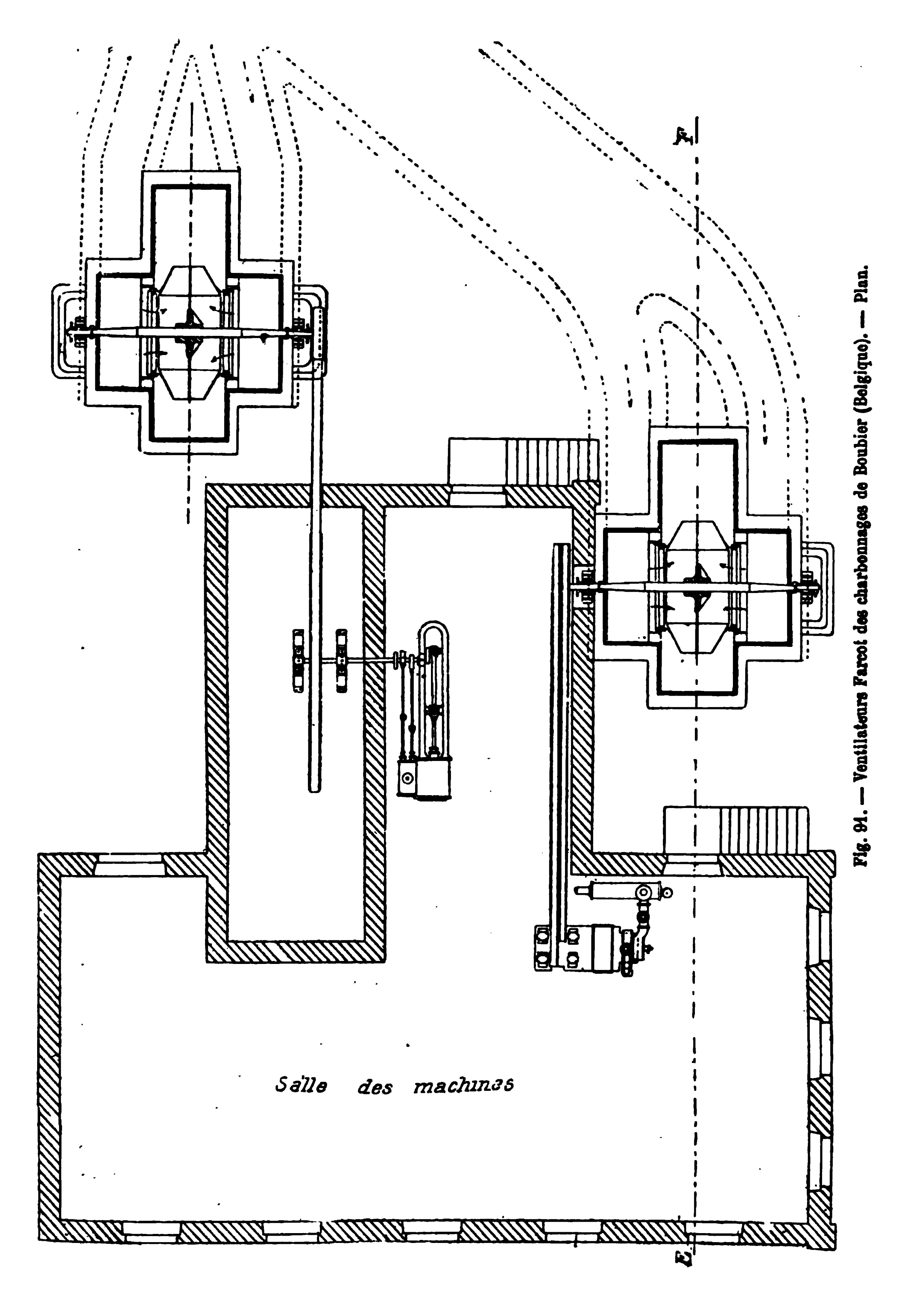


Fig. 91. — Ventilateurs Farcot des charbonnages de Boubier (Belgique). — Plan.

de retour d'air par une galerie à section circulaire de 3 m. de diamètre. Le branchement qui va au Guibal se divise en deux conduits aboutissant chacun à l'une des ouïes. Des vannes en fonte, à pivot central vertical, permettent d'isoler chaque ventilateur ; la manœuvre de ces vannes peut être effectuée dans la salle même des machines.

Ventilateur Farcot. — M. E. Farcot fils, constructeur à Paris, exposait différents ventilateurs de son système, et en particulier un ventilateur de mines, aspirant, à enveloppe en tôle, qui fonctionnait électriquement.

Cet appareil, de $2^m,500$ de diamètre de turbine, peut refouler 25 à 30 m^3 d'air par seconde, sous une dépression de 60 à 100 mm. d'eau et à la vitesse de 300 à 400 tours par minute.

La turbine est formée d'une âme en tôle, montée sur un moyeu en fonte claveté sur un arbre mobile entre deux coussinets à rotule et à circulation automatique d'huile. De chaque côté de l'âme sont rivées deux à deux les aubes, maintenues entre deux flasques coniques percées, au centre, d'une ouïe circulaire. Sur chaque cône sont fixées des collerettes en tôle qui tournent dans une autre collerette fixe, en fonte, de façon à obtenir une certaine étanchéité entre l'air aspiré et l'air refoulé.

Les aubes, au nombre de 24, sont inclinées en sens inverse du mouvement de rotation (voir fig. 90). L'écoulement de l'air, comprimé entre les aubes par la force centrifuge, se fait avec une vitesse égale à la pression obtenue et correspondant à la vitesse angulaire qu'aurait l'extrémité de l'aube non recourbée. La réaction dynamique est entièrement utilisée et le principe de Bernouilli, savoir : « La réaction contre l'orifice de sortie d'un fluide est égale au double de la hauteur de la génératrice de la vitesse de sortie », est le principe caractéristique de la turbine. A l'aspiration, l'air arrive aux ouïes avec une vitesse de 10 m. au maximum ; il circule dans chaque aube à la vitesse de 5 à 6 m. pour en sortir à une vitesse correspondant à la dépression et au nombre de tours du ventilateur. La vitesse de sortie de l'air dans l'atmosphère est réduite à 5 m. environ par l'emploi d'une enveloppe en tôle, en forme de colimaçon, et d'un cône de détente. 12 aubes sur 24, sont prolongées jusqu'à l'axe de l'appareil, afin de localiser l'action de la force centrifuge et de forcer les molécules d'air à suivre le rayon dès leur entrée entre deux aubes ; sans cette disposition, une molécule partant du centre n'atteindrait la naissance d'une aube qu'après un ou deux tours de turbine.

Cet appareil peut travailler à l'aspiration et au refoulement ; dans ce dernier cas, l'air sort de la turbine avec une très faible vitesse absolue, quoiqu'il soit à la pression correspondant à la vitesse angulaire.

M. Farcot exposait les dessins de trois installations de ventilateurs de ce type, en fonctionnement depuis 1896 aux charbonnages du Boubier, du Petit-Try (Belgique) et à la Compagnie des Mines de Tchoulkowo (Russie). Nous reproduisons, fig. 90 et 91, la première de ces installations; elle comporte deux ventilateurs semblables qui ont remplacé un « Guibal » de 7 m. et un « Lambert » de 8 m, et qui fournissent chacun un minimum de 25 m^3 d'air par seconde sous une dépression de 60 mm. d'eau.

Le premier ventilateur (partie inférieure du plan) est commandé par deux courroies actionnées par une turbine Laval de 75 chevaux, tournant à 1 500 tours par minute, au renvoi. La poulie du ventilateur, de 1^m,600 de diamètre, est divisée en deux parties par une jante intermédiaire qui sépare les courroies. La vitesse du ventilateur étant de 300 tours, la dépression observée a atteint 60 mm. et le débit dans la galerie 35 m^3, pour une force motrice de 37 chevaux à la turbine.

Le deuxième ventilateur (partie supérieure du plan) est commandé par courroie au moyen d'une poulie de 1 m ; il marche également à 300 tours et donne les mêmes résultats que le premier.

Ces deux appareils fonctionnent alternativement aux charbonnages du Boubier.

Ventilateur hélicoïde système Rateau. — Les ventilateurs hélicoïdes sont caractérisés par ce fait que les molécules d'air entrant dans l'appareil s'y déplacent suivant des trajectoires sensiblement parallèles à l'axe de rotation.

Jusqu'à ces dernières années, ces appareils, souvent appelés déplaceurs d'air, étaient considérés comme incapables de créer des dépressions importantes. De plus, le rendement des nombreux types de ventilateurs hélicoïdes construits était très faible, de sorte que leur emploi restait limité aux applications dans lesquelles on a besoin d'un grand volume d'air débité sous une faible pression. M. Rateau, en appliquant aux ventilateurs hélicoïdes sa théorie générale des turbo-machines, a montré que ces appareils, calculés d'une manière rationnelle, sont susceptibles de produire des pressions élevées, tout en conservant un rendement égal à celui des bons ventilateurs centrifuges, et qu'ils peuvent être appliqués dans un grand nombre de cas pour remplacer avantageusement ceux-ci.

La maison Biétrix, Leflaive, Nicolet et Cie, de Saint-Etienne, présentait un ventilateur hélicoïde, aspirant et soufflant, qui fonctionnait à l'aide d'un moteur électrique.

L'appareil se compose en principe de trois parties : le distributeur, la turbine mobile et le diffuseur ou amortisseur.

La turbine est l'organe principal ; le distributeur ou le diffuseur, quelquefois même ces deux organes, peuvent être supprimés.

La turbine est formée d'un nombre variable d'ailes en tôle d'acier, fixées par des cornières ou simplement implantées sur la jante d'une roue légèrement conique, en fonte ou en bronze. L'une de ces roues

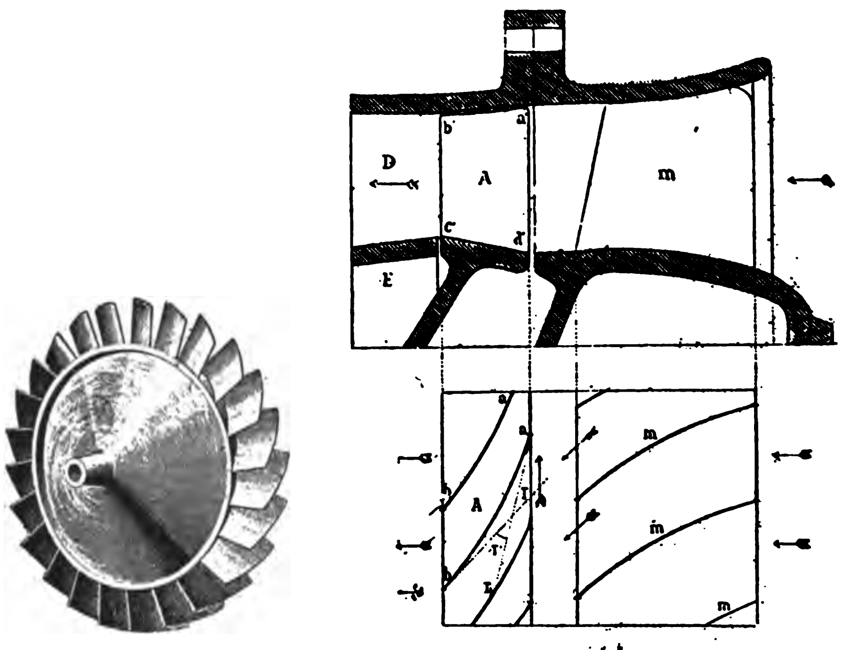


Fig. 92. — Turbine Rateau. Fig. 93.— Vue en coupe d'un ventilateur hélicoïde Rateau.

est représentée en perspective sur le premier croquis ci-contre et en coupe sur le second. Les ailes se projettent en *a' b' c' d'* ; la partie inférieure de la figure montre le développement d'une coupe de la turbine faite par le cylindre moyen. Les ailes sont fixées à la roue par le bord *c' d'* ; le bord *a' b'* qui est libre, tourne avec très peu de jeu en face d'une enveloppe fixe en fonte ou en maçonnerie. L'air est saisi par le bord *a' d'* de ces ailes et les quitte par le bord *b' c'*. La forme des ailes est très simple : elles sont découpées soit dans un cylindre, soit dans un conoïde. L'axe du cylindre ou du conoïde, ainsi que les directrices et génératrices de ces surfaces, sont déterminés suivant les con-

ditions à réaliser. Une particularité très importante, c'est que la hauteur de l'aile, comptée suivant le rayon, va en diminuant depuis le

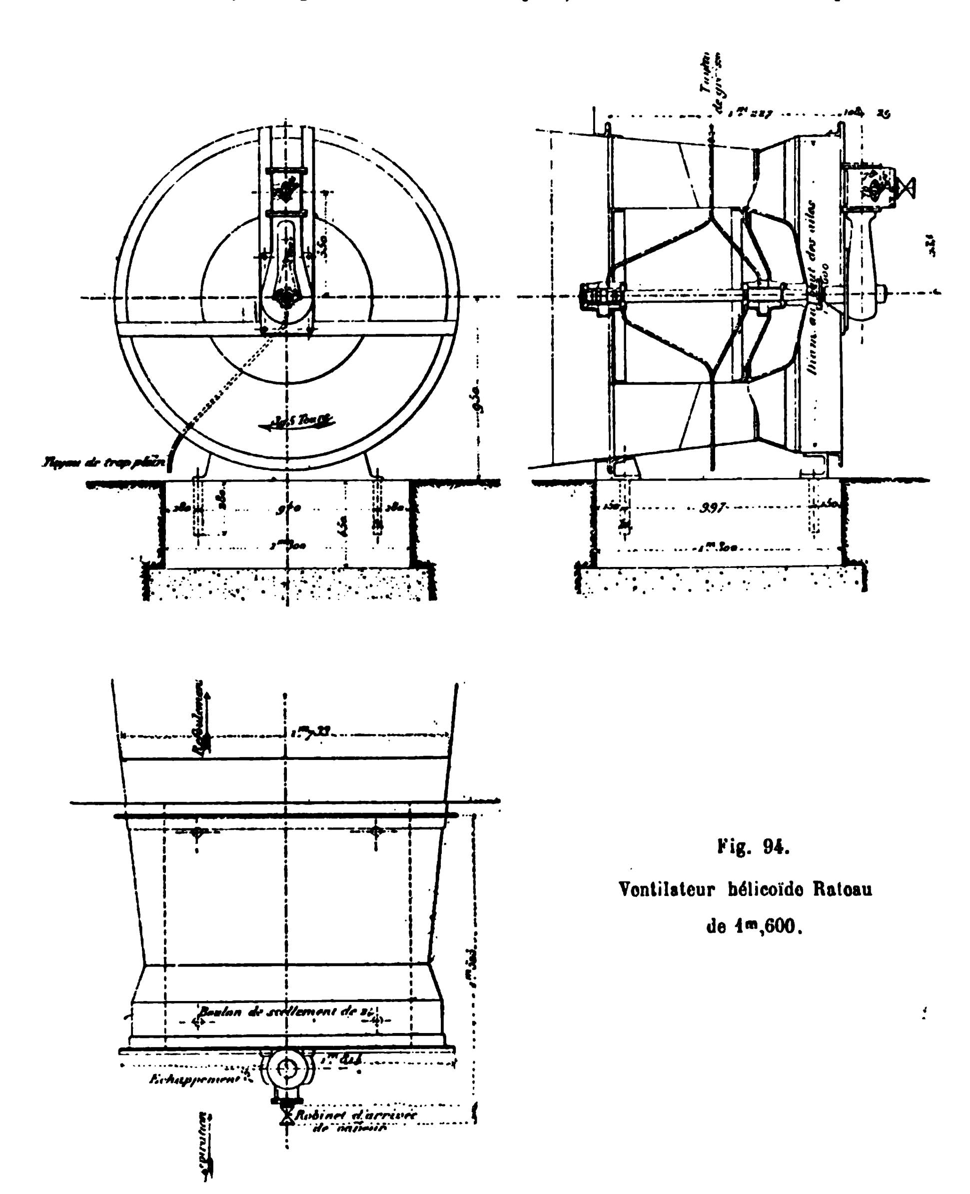


Fig. 94.
Ventilateur hélicoïde Rateau de 1m,600.

bord d'entrée jusqu'au bord de sortie. La théorie et l'expérience montrent, en effet, que le mouvement de l'air doit être légèrement centripète.

Le distributeur a pour objet de donner aux filets fluides une bonne

direction, de manière qu'ils soient saisis sans choc par les ailes de la turbine. Il peut être disposé de trois manières :

1° Avec des ailes directrices, comme dans les turbines hydrauliques.

2° Avec canal spiraloïde.

3° Sans ailes directrices, avec simple canal tronconique.

Le diffuseur ou amortisseur transforme en pression utile la force vive du courant d'air due à la vitesse, à la sortie de la turbine. En même temps, il détruit le mouvement tourbillonnaire que prend l'air en quittant les ailettes mobiles.

Le diffuseur peut affecter les mêmes formes que le distributeur. On a donc des diffuseurs cloisonnés, spiraloïdes ou rectilignes.

La fig. 94 représente le ventilateur, exposé dont le débit est de 16 m³ par seconde, avec une pression de 12 mm. d'eau.

Un appareil semblable, de 1m,600 de diamètre de turbine, a été installé aux mines du Cros, où il est actionné par un moteur électrique à courants triphasés des ateliers d'Œrlikon. La puissance du moteur est de 12 chevaux et sa vitesse normale de rotation 940 tours ; il est placé sur une ligne de transport de force à 500 volts. Nous empruntons au *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, les résultats des expériences faites aux Mines du Cros, le 8 avril 1899, et consignés dans le tableau suivant :

Nos des expériences	NOMBRE DE TOURS du ventilateur	NOMBRE DE TOURS de l'anémomètre en une minute	SECTION de la galerie en m²	VITESSE de l'air en mètres	DÉBIT par seconde en m³	PRESSION en mm. d'eau	ORIFICE équivalent en m²
1	610	»	3,40	»	0	62	0
2	575	80	3,40	1,50	5,2	55	0,266
3	575	152	3,40	2,70	9,18	47	0,509
4	575	252	3,40	4,36	14,81	44	0,845
5	575	281	3,40	4,85	16,5	41	0,940
6	575	301	3,40	5,19	17,6	40	1,000
7	575	322	3,40	5,52	18,8	40	1,150
8	575	327	3,40	5,60	19,1	38,5	1,170
9	575	334	3,40	5,72	19,5	38	1,200
10	575	450	3,40	7,62	26,1	30	2,210

Le manque d'appareils de mesure n'a pas permis d'évaluer la puissance absorbée par le moteur à courants triphasés.

Le débit était mesuré par un anémomètre dans une section située à une dizaine de mètres du ventilateur et du côté du refoulement.

La pression était obtenue par un manomètre à eau, communiquant avec la galerie amont et la galerie aval au moyen de tubes en caoutchouc et de tubes droits, disposés sensiblement de la même façon des deux côtés. Le manomètre indiquait donc la différence : $\left(H-\frac{v^2}{2g}\right)-\left(H'-\frac{v^2}{2g}\right)=H-H'=h$, en désignant par H la pression statique à l'aval, H' la pression à l'amont, v la vitesse à l'amont et à l'aval, ces deux vitesses étant les mêmes puisque la section de la galerie restait uniforme.

Pour faire varier l'orifice équivalent de la mine, on avait disposé dans la galerie de refoulement du ventilateur, à 25 m. environ de l'appareil, une cloison dont on enlevait successivement les planches; deux expériences étaient faites avec chaque section. La dernière expérience a été faite en ouvrant les portes de la galerie parallèle à celle du ventilateur, de telle sorte qu'une partie de l'air refoulé était aspiré à nouveau.

Ventilateurs Geneste et Herscher. — La maison Pinette présentait, dans la classe 63, une série de ventilateurs système Geneste et Herscher, commandés par moteurs à vapeur, à air comprimé et par dynamos, et on pouvait voir fonctionner à l'Exposition minière souterraine du Trocadéro, un ventilateur portatif, du même système, de 375 mm. de diamètre de roue à ailettes, actionné par une dynamo de la Société « l'Eclairage électrique. »

De nombreuses descriptions de ce type de ventilateur, déjà ancien, ont été faites dans les publications spéciales et nous n'y reviendrons pas. Nous nous contenterons de donner les résultats des expériences effectuées à la Compagnie des Mines de Blanzy sur un ventilateur Geneste et Herscher de $1^m,450$ de diamètre de roue à ailettes, commandé par deux machines à vapeur accouplées de $0^m,475 \times 0^m,700$.

Les conditions à remplir étaient les suivantes :

Produire une dépression de 232 mm. et donner 40 m^3 sur l'orifice équivalent de 1 m^2, à une vitesse de 600 tours du ventilateur.

Les expériences ont permis d'obtenir comme résultat : 238 mm. de dépression et 40 m^3 500 sur l'orifice équivalent de 1 m^2, à 545 tours du ventilateur.

Le graphique (Voir planche hors texte) montre les résultats des essais, ramenés à la vitesse de 545 tours du ventilateur, soit 41^{m},335 de vitesse à la circonférence de la roue à ailettes, pour les dépressions, les volumes et les rendements mécaniques de l'ensemble (moteur et ventilateur).

Essais comparatifs de deux ventilateurs Guibal et Rateau. — Dans le modèle réduit des installations extérieures du siège N°2 Sacré-français, que la Société des charbonnages réunis de Charleroi présentait à la section belge, deux grands ventilateurs actionnés par courroies étaient groupés avec la machine d'extraction dans une salle commune ; le premier est un « Guibal » de 9 m. et le second, un « Rateau » de 2^{m},80. Ces deux appareils, capables de débiter sous la dépression de 110 mm. 80 m^3 d'air par minute, aspirent alternativement sur le même puits et leurs chambres d'air sont reliées à ce puits par des galeries de même longueur et de sections sensiblement égales.

Cette installation se trouvait donc faite dans des conditions exceptionnelles pour permettre des expériences absolument comparatives sur les ventilateurs, de systèmes si différents.

Ces expériences effectuées en octobre et novembre 1899, ont été insérées en 1900 dans les publications de la Société des Ingénieurs du Hainaut, où il est facile d'en retrouver le détail. Nous en reproduisons seulement les résultats, d'autant plus caractéristiques qu'il était possible de relever la dépression au point de jonction des deux galeries aboutissant aux chambres des ventilateurs, dans des conditions absolument identiques pour les deux appareils.

Il y a lieu d'ajouter que les rendements mécaniques du tableau suivant sont tout à fait comparables, étant donné que les ventilateurs étaient actionnés par deux machines à vapeur à détente Meyer de même construction, munies de cylindres de même volume et de tuyaux d'admission et d'échappement de mêmes dimensions.

De plus, ces deux machines, essayées à vide, à la même vitesse, courroies enlevées, ont donné au frein des résultats sensiblement égaux et plutôt à l'avantage du moteur du « Guibal ». En prenant la moyenne des quatre expériences faites sur chacun des deux ventilateurs, on trouve comme rendement mécanique moyen du Rateau : 0,635, et comme rendement mécanique moyen du Guibal : 0,445, soit une différence de 19 0/0 en faveur du premier.

Société des Charbonnages-Réunis de Charleroi

Résultats des expériences faites sur les ventilateurs Guibal et Rateau.

CONDITIONS DE MARCHE	NOMBRE DE TOURS		DÉPRESSION RELEVÉE dans la galerie		DÉBIT de l'air en m³ par seconde Q	TRAVAIL utile en kgrm. $T_u = Qh'$	ORIFICE équivalent en m² $a = 0,38 \frac{Q}{\sqrt{h'}}$	Dépression théorique en mm. d'eau $H = \frac{pv^2}{2g}$	Rendement manométrique $\frac{h'}{H}$	TRAVAIL indiqué T_m	Rendement mécanique $\frac{T_u}{T_m}$
	Machine par minute	Turbine par minute	à 15 m. de la chambre d'air h	à la tête du puits h'							
A. — Le 22 octobre 1899 par la Société des Charbonnages-Réunis.											
1. Rateau, marche normale . .	37	160	58	52	60, 600	3 151, 20	3, 19	69	75, 4	4 865, 18	0, 647
2. id. pleine charge . . .	55	236	112	102	81, 090	8 271, 18	3, 116	148, 8	75, 7	13 218, 58	0, 625
3. Guibal, marche normale . .	45	71	58	52	60, 690	3 155, 88	3, 19	140, 3	37, 1	7 061, 59	0, 445
4. id. pleine charge . . .	56	92	102	88	74, 320	6 540, 16	3, 00	235	37, 4	13 688, 51	0, 473
B. — Le 2 novembre 1899, en présence des Ingénieurs du Comité de Charleroi.											
1. Rateau, marche normale . .	39, 9	173	57	52	59, 540	3 096, 08	3, 13	80	65	4 759	0, 650
2. id. pleine charge . . .	53	227	108	96	78, 100	7 497, 60	3, 02	139, 04	69	12 125	0, 618
3. Guibal, marche normale . .	45	73	58	52	60, 870	3 165, 24	3, 20	147, 50	35, 2	7 155, 66	0, 442
4. id. pleine charge . . .	58	94	100	87	75, 080	6 531, 96	3, 05	245	35, 5	15 566, 40	0, 419

Appareils divers

Ajutage convergent-divergent des houillères de Saint-Etienne. — La Société des houillères de Saint-Etienne exposait un modèle au 1/10 de l'ajutage convergent-divergent qu'elle substitue aux portes à guichet, dans ses mines, pour accroître l'intensité du courant d'air d'un circuit dérivé.

L'ajutage correspondant à ce modèle s'interpose sur la branche d'air d'un circuit principal d'exploitation, pour augmenter l'intensité d'un courant alimentant les fronts d'un ouvrage préparatoire.

A cet effet, le tuyau métallique qui canalise l'air du circuit dérivé débouche dans la section contractée de l'ajutage ; le courant principal, dont on accélère progressivement la vitesse pour l'amortir dans l'élément divergent de l'ajutage, produit dans la section contractée une dépression locale qui active la ventilation de l'ouvrage préparatoire.

L'ajutage ne diminue la section de l'orifice équivalent de l'ensemble de la mine que de 6 0/0, alors que les portes à guichet ordinaires, substituées à lui, le réduisent de 22 0/0 si on veut réaliser la même intensité de courant dans la branche dérivée.

Cet appareil a été installé à l'intérieur des travaux de la mine du puits Saint-Louis; il a permis d'obtenir sur le circuit dérivé une dépression supplémentaire de 12 mm. d'eau.

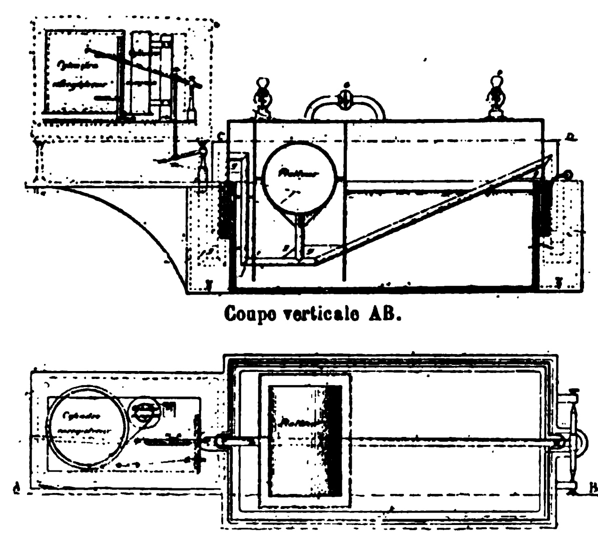
Appareil enregistreur du volume d'air circulant dans une galerie (Mines de Montrambert). — L'aérage des mines, très faiblement grisouteuses, de la Société de Montrambert, est assuré par cinq ventilateurs Rateau de $3^{m},60$ de diamètre, installés sur les puits à remblais et agissant par aspiration,

Les instruments de contrôle généralement en usage renseignent sur la vitesse de rotation des ventilateurs ou le degré de dépression qu'ils produisent dans l'atmosphère de la mine ; ils négligent la donnée essentielle de tout aérage, le nombre de mètres cubes d'air circulant par seconde dans les travaux ou, autrement dit, le *débit.* L'appareil exposé en vraie grandeur a pour but de révéler d'une façon continue le débit du courant d'air parcourant une galerie quelconque, et plus particulièrement celle qui aboutit à l'ouïe des ventilateurs.

Le principe de l'appareil est celui du tube de Pitot ; deux bouts de tube sont plongés dans le courant d'air, l'un recourbé d'équerre de façon à ce que son orifice reçoive le choc du courant, l'autre droit et présentant le plan de son orifice parallèlement aux veines d'air. Ces

deux tubes sont reliés par des tuyaux de plomb aux deux branches d'un manomètre à eau, où se produit une dénivellation proportionnelle au carré de la vitesse de la veine d'air frappant les orifices. Dans la pratique, la vitesse en un point quelconque reste en rapport constant avec la vitesse moyenne ; la dénivellation manométrique peut donc servir de mesure au débit.

Cette dénivellation devant avoir une certaine amplitude pour donner des indications certaines tout en entraînant le stylet d'un enregistreur, il convient de placer le double tube jaugeur en un point où le courant d'air soit resserré et sa vitesse, considérable ; par exemple, le retrécissement qui précède l'ouïe dans le ventilateur Rateau.



Coupe verticale AB.

Coupe horizontale CD.

Fig. 95. — Appareil enregistreur de Montrambert.

Dans l'appareil exposé, les deux branches du manomètre étaient représentées par les compartiments inégaux d'une cloche rectangulaire en zinc plongeant dans une cuve en fonte remplie d'eau. Le grand compartiment enveloppait le petit et baignait dans une rigole régnant autour de la cuve.

Au sommet de chaque compartiment, un robinet à olive était relié au tuyau provenant de l'un des tubes jaugeurs.

Un troisième robinet permettait d'établir la communication entre les deux cloches, et par suite d'y faire régner l'égalité des pressions, ce qu'il est indispensable d'exécuter de temps à autre pour vérifier le zéro de l'instrument.

Le petit compartiment était occupé par un flotteur cylindrique immergé jusqu'à son diamètre horizontal. Ce flotteur était relié à un long levier formé d'un tube creux, en même temps léger et rigide, qui suivait le fond de la cuve et en ressortait par des lacets compliqués, à l'arrière, pour se souder à un arbre tournant sur deux pointes, et à l'avant pour commander, à l'aide d'une courte bielle, le levier d'un indicateur Richard.

Au moyen de ce mécanisme, la dénivellation initiale peut être transmise, avec une amplification convenable et sans frottements nuisibles, jusqu'au stylet enregistreur qui trace sur le papier du diagramme des ordonnées proportionnelles au carré du débit.

Les bandes de papier de $0^{m},90$ de longueur se déroulent avec une vitesse de 5 mm. à l'heure; leur durée est d'une semaine. Elles portent des ordonnées curvilignes, distantes d'heure en heure, et des lignes horizontales échelonnées à des distances croissant suivant la loi du carré.

Le réglage se fait simplement par un jaugeage de comparaison; on établit la concordance avec la graduation imprimée sur les bandes, en faisant courir les extrémités de la petite bielle sur les leviers correspondants.

L'appareil est assez sensible pour mesurer le courant d'air spontané qui subsiste pendant les arrêts des ventilateurs.

Appareil réchauffeur d'air des mines de Montrambert. — Les puits d'extraction qui servent en même temps à la rentrée du courant d'air de la mine, sont exposés à se tapisser de glace pendant les hivers rigoureux. Ces glaces constituent un danger pour la circulation des hommes, surtout au moment du dégel, et elles sont quelquefois assez abondantes pour arrêter le service de l'extraction.

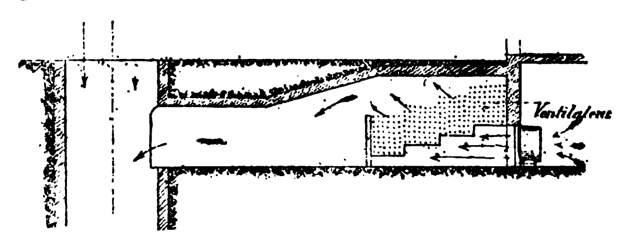


Fig. 96. — Appareil réchauffeur de Montrambert.

Le remède employé jusqu'à ce jour consistait à lancer dans le puits un jet de vapeur, mais ce procédé est insuffisant et incommode. Il a paru préférable à la Société de Montrambert de chauffer artificiellement

une partie de l'air appelé dans le puits, de façon à relever la température moyenne; elle exposait un modèle au 1/5 du dispositif employé à cet usage.

Une galerie creusée à une faible profondeur, sous le platelage du puits, débouche d'un côté dans la colonne du puits, de l'autre à l'air libre. Dans l'intervalle est installée une batterie en échelons de 216 tubes à ailettes système Kœrting, du modèle usité pour le chauffage à la vapeur. Ces tubes étant mis en communication avec les chaudières, un ventilateur hélicoïde Rateau, installé à l'extrémité libre de la galerie, lance un courant d'air à travers leurs intervalles; ce courant, fortement échauffé, se mélange à l'air froid entrant directement par l'orifice du puits et en relève la température au degré voulu.

La batterie est divisée en cinq groupes indépendants, munis chacun d'un robinet de vapeur et d'un purgeur automatique, afin de pouvoir proportionner en tout temps le réchauffement de la température ambiante. Il convient, en effet, de ne pas trop relever la température finale à cause des troubles qui pourraient en résulter pour l'aérage.

Le premier groupe, celui qui doit toujours fonctionner en premier lieu, est formé par les deux rangées inférieures de chaque échelon; cette précaution a paru utile pour éviter que de l'eau condensée ne vienne à se congeler dans ces tubes. Les rangées supérieures des quatre échelons constituent les autres groupes.

Le timbre des chaudières étant de 8 kg., l'interposition d'un modérateur de pression est nécessaire pour que la pression dans les tubes ne dépasse par 4 kg.

La surface de chauffe totale est de 864 m^2; elle a été calculée pour réchauffer de — 18° à + 40°, 16 m^3 d'air lancés par seconde par le ventilateur; cet air chaud se mélangeant à 24 m^3 à — 18°, rentrant par l'orifice du puits, ramène la température moyenne à + 2°.

Le ventilateur hélicoïde a 1^m,60 de diamètre et tourne à 400 tours par minute; il porte un cylindre moteur à action directe de 120 mm. de diamètre et 100 mm. de course.

Cet appareil a fonctionné pendant le dernier hiver au puits Ferrouillat; il sera reproduit aux puits Saint-Dominique et Marseille.

CHAPITRE XII

ÉCLAIRAGE

GRISOU. — LAMPES DE SURETÉ

La Compagnie de Bessèges avait réuni à l'Exposition minière souterraine du Trocadéro, les modèles des lampes de sûreté en usage dans les bassins houillers français et ceux des principales lampes employées à l'étranger. Nous nous abstiendrons d'un examen détaillé de chacun de ces modèles ; il a été fait à plusieurs reprises depuis 1889, et il a montré que toutes les lampes connues pouvaient être classées en quatre ou cinq types bien définis, les appareils de même type ne différant entre eux que par des modifications de forme ou de fermeture. En réalité, aucune nouvelle lampe de sûreté n'a été mise en service pendant ces dernières années, et les mines grisouteuses restent partagées entre les systèmes Boty, Mueseler, Marsaut, Fumat et Wolf; cette dernière, caractérisée par l'emploi de la benzine et de son rallumeur à bande paraffinée, est surtout répandue en Allemagne et en Autriche où elle semble donner de bons résultats.

Un certain nombre de lampes de sûreté étaient exposées par le gouvernement anglais, dans la classe 63, et fixées sur un grand panneau ; mais il n'était pas permis d'y toucher et aucune explication n'a pu nous être donnée au commissariat, sur leur structure et leur fonctionnement.

Fermeture des lampes de sûreté. — Dans une brochure relative à l'exposition de Bessèges, M. Marsaut a examiné les différents systèmes de fermeture adaptés aux lampes. Nous ne pouvons mieux faire que de lui emprunter les indications suivantes :

L'examen des fermetures généralement admises et pratiquées, montre trois moyens principaux mis en œuvre :

1° La fermeture au rivet de plomb.

2° La fermeture hydraulique.

3° La fermeture magnétique.

Dans chacun de ces systèmes, on a adopté une vis à filets triangulaires ou carrés assemblant les divers organes de la lampe et les rapprochant assez pour oblitérer leurs jointures. La fermeture à baïonnette semble abandonnée.

La vis d'assemblage est à arrêt fixe ou munie d'une crémaillère à cliquet; dans le premier cas, le jeu éventuel entre les pièces est compensé par des cales en amiante, en caoutchouc ou autres rondelles élastiques qui prêtent à la dilatation; dans le second cas, on a la faculté d'assurer toujours la jonction des organes de la lampe au degré nécessaire. L'arrêt fixe peut encore être employé sans cales, comme à Anzin, avec la bague anglaise qui joue le rôle de la crémaillère.

Tous ces procédés sont également satisfaisants et effectifs, car il est facile de s'assurer de la fermeture complète en pinçant le verre entre deux doigts pour vérifier s'il reste du vide entre les pièces de la lampe.

La fermeture au rivet de plomb est encore la plus répandue, sans doute parce qu'elle est la plus simple. Quelques ingénieurs préfèrent le gros rivet de Bessèges, marqué et poinçonné, en vue de rendre le contrôle plus facile à distance ; d'autres se contentent du plombage par petit rivet ; l'un et l'autre sont pratiques, puisqu'ils sont employés dans les grandes mines. M. Dinoire et MM. Viala et Catrice ont imaginé des combinaisons ingénieuses du rivet de plomb avec la crémaillère, dans la lampe de Lens et dans la lampe Viala-Catrice.

La fermeture hydraulique est représentée par le système Cuvelier, consistant en un tube manométrique mis en œuvre par la pression hydraulique, tube qui condamne un piston ou le laisse sous l'action d'un ressort qui le dérobe, et par un second système dans lequel l'action d'un piston mû par la pression hydraulique joue le rôle du tube manométrique Cuvelier.

La fermeture magnétique, conçue par M. Villiers, a été adoptée en France et en Allemagne sous trois variantes. La première, le système Villiers proprement dit, consiste en deux pistons de fer doux qui, par l'intermédiaire d'un aimant, manœuvrent un piston d'arrêt. Comme les ouvriers étaient arrivés à paralyser l'action des pistons en les calant de l'extérieur, le système a été modifié en subdivisant les pistons en deux parties, de sorte que celle qui est placée à l'intérieur ne peut jamais être immobilisée ; cette seconde disposition est connue sous le nom de fermeture magnétique de Montrambert. La troisième variante est celle de Wolf, très usitée en Allemagne : un aimant manœuvre le cliquet d'une

crémaillère établie dans la vis d'assemblage des organes de la lampe. L'ensemble est simple et léger et semble donner toute satisfaction.

Alimentation et rallumage.— Deux innovations importantes se sont produites en Allemagne dans l'éclairage des mines à grisou pendant ces dernières années : la substitution de la benzine à l'huile de colza et l'emploi d'un rallumeur intérieur. Ces moyens tendent à se généraliser également en Autriche et on commence à les essayer en France. Jusqu'ici, on avait écarté la benzine, en France, comme ne paraissant pas offrir la sécurité désirable à cause de sa volatilité et de sa grande inflammabilité. On se demande encore, et avec quelque raison, ce qui se passerait dans le cas d'une lampe à benzine chauffée pendant un certain temps par un courant gazeux inflammable. L'incertitude subsiste chez un grand nombre d'ingénieurs ; cependant, la généralisation de l'emploi de la benzine dans les pays voisins sans qu'il en soit résulté d'inconvénients constatés, mérite d'appeler l'attention des praticiens.

D'autre part, la benzine facilite considérablement le rallumage des lampes, par des engins spéciaux comme le rallumeur Wolf, sans qu'il soit nécessaire de les ouvrir.

Divers rallumeurs très ingénieux ont été également produits pour des lampes à huile ; mais ils ne sont pas encore entrés dans le domaine de la pratique, bien qu'ils semblent réaliser les meilleures conditions.

La Société des Mines de Lens exposait un modèle de la lampe de sûreté à benzine, dont le Ministre des Travaux publics, sur l'avis favorable de la Commission du grisou, a autorisé l'emploi, en juin 1899, dans les travaux grisouteux.

Cette lampe présente, pour les tamis, le verre et la cuirasse, les dimensions réglementaires de la lampe Marsaut ; elle est alimentée par de l'essence de pétrole pesant 695 grammes au litre et bouillant entre 58 et 120° ; cette essence est absorbée et retenue par de la ouate dont le réservoir est garni.

La lampe est munie d'un rallumeur Seippel à percussion, déterminant l'inflammation de pastilles fulminantes déposées sur un ruban de papier. La fermeture est du système Dinoire.

Elle a l'avantage de présenter un pouvoir éclairant de 0,60 bougie, supérieur, par conséquent, à celui de la lampe à huile qui atteint 0,40 à 0,45. La lampe se maintient propre pendant le travail, l'éclairage reste constant et le rallumage est facile Enfin, elle possède une sensibilité assez grande au grisou : on voit très nettement 1 0/0 et, avec un peu d'habitude, on arrive à reconnaitre 1/2 0/0.

Allumage électrique des lampes de sûreté.— La Société des Mines de Blanzy exposait un dispositif, applicable à toutes les lampes de sûreté reconnues par la Commission de grisou comme pouvant être employées dans les mines grisouteuses, et permettant l'allumage par l'électricité, l'alimentation de la lampe pouvant se faire avec de l'huile à brûler ou avec une essence quelconque.

Le dispositif est formé d'un anneau qui se place entre le verre et le tamis de la lampe. L'anneau se compose de deux rondelles métalliques séparées par une matière isolante au point de vue électrique, et capable de résister à la chaleur comme l'amiante. Chacune de ces rondelles est munie d'un appendice intérieur et le fil de platine assure leur communication ; celle qui se trouve à la partie inférieure porte un second appendice qui vient s'appliquer à l'extérieur du verre et que l'on a soin de placer dans une échancrure ménagée dans la bague du tamis quand on visse le chapeau sur le réservoir.

Avec cette disposition, on voit que la rondelle supérieure est en contact avec la partie métallique de la lampe, tandis que la rondelle inférieure en est complètement isolée ; par conséquent, on pourra faire passer un courant dans le fil de platine en mettant en communication l'appendice extérieur et un point quelconque de la lampe avec les électrodes d'une source électrique. Celle-ci doit être capable de porter le fil de platine au rouge-cerise ; on obtient alors l'allumage en approchant la mèche de ce fil.

Pour éviter l'étincelle de rupture du courant, on adopte la disposition suivante : la pile ou l'accumulateur est placé dans une petite armoire dont la tablette supérieure porte les électrodes ; l'une d'elles se compose d'une glissière métallique munie de ressorts et communiquant avec l'un des pôles ; l'autre est formée par un tasseau métallique garni à ses deux extrémités latérales de matières isolantes pour empêcher le contact avec les barreaux du chapeau. Ce tasseau est fixé à l'extrémité d'une tige qui s'engage dans une petite boite entièrement fermée, et autour de laquelle se trouve un ressort à boudin qui tend à écarter le tasseau de la boite ; quand on comprime le ressort, la tige s'enfonce dans la boite ; elle vient toucher le bouton métallique situé à l'intérieur et communiquant avec le deuxième pôle de la source électrique.

Pour allumer la lampe, on engage le bourrelet inférieur du réservoir dans la glissière et on place l'appendice contre le tasseau, puis on appuie de façon à comprimer le ressort ; à ce moment, le courant passe dans le fil, l'étincelle de fermeture s'est produite dans la boite ; il en

sera de même pour l'étincelle de rupture lorsqu'on retirera la lampe.

Si le fil a un diamètre de 6/10 de millimètre, un accumulateur de 2 à 3 volts suffit pour le rougir ; on place à l'intérieur de l'armoire une petite résistance variable permettant de régulariser l'action de l'accumulateur.

L'allumage des lampes de sûreté ordinaires demande un temps assez long ; on est obligé d'y procéder une heure au moins avant la descente des hommes ; c'est une main-d'œuvre assez coûteuse et qui, de plus, fait perdre les premiers moments d'éclairage des lampes, pendant lesquels elles donnent le plus de clarté. Avec le procédé que nous venons de décrire, il n'en est pas de même ; on peut fermer et préparer les lampes à loisir ; il suffit de les allumer au moment où on les remet aux ouvriers, ce qui se fait très rapidement.

Appareil d'essais pour lampes de sûreté. — La Société des Mines de Liévin présentait un appareil destiné à éprouver la résistance des lampes de sûreté dans les mélanges explosifs.

Cet appareil, qui a été installé récemment dans l'atelier central du siège n° 1 de Liévin, se compose d'un tube rectangulaire de 1 m. de longueur, 390 mm. de hauteur intérieure et 120 mm. de largeur intérieure, ouvert à une extrémité et relié à l'autre à un tube conique dont la pointe porte deux robinets. Le premier robinet permet l'arrivée de l'air comprimé, le second l'introduction du gaz d'éclairage. On peut ainsi créer dans le tube un courant gazeux explosif dont la vitesse et la teneur sont faciles à déterminer.

La quantité de gaz contenu dans le mélange varie de 10 à 12 0/0. Des chicanes placées dans la partie conique de l'appareil assurent l'homogénéité du mélange.

La lampe à essayer est placée à $0^{m},50$ de l'extrémité libre du tube rectangulaire, sur une tablette qu'on peut tenir à volonté horizontale ou inclinée, suivant la position qu'on veut donner à la lampe par rapport à la direction du courant.

Une porte vitrée placée en face de la lampe permet de suivre les phénomènes.

En installant cet appareil, la Société des Mines de Liévin n'avait pas en vue de procéder à des études générales sur les divers types de lampes de sûreté en usage dans les mines : ces études sont faites depuis longtemps. On se proposait simplement de vérifier si les lampes n'ont pas de défaut ayant pu échapper à la visite courante, soit quand elles entrent dans la mine, soit quand elles en sortent.

C'est le type Mueseler qui est employé à Liévin. Pour atteindre le but proposé, il convient de placer la lampe à essayer dans un courant animé d'une vitesse à laquelle les lampes en bon état résistent dans tous les cas. C'est la vitesse de $1^m,50$ qu'on a choisie.

Dans ces conditions, une lampe Mueseler en bon état s'éteint toujours après une petite explosion localisée dans le bas de la lampe. Le gaz brûle sous le diaphragme en tournoyant autour de la cheminée. Quelquefois, il se produit une série de petites explosions successives avant l'extinction, mais toujours localisées en dessous du diaphragme.

Les essais effectués jusqu'à ce jour ont familiarisé le personnel de la mine avec les défectuosités que peut présenter la lampe et qu'une simple visite ne révèle pas toujours :

1° Raccord du diaphragme avec la cheminée, qui peut laisser des vides ou fausser les mailles du treillis.

2° Le diaphragme se plie quelquefois à son extrémité et empêche le bon serrage du verre contre le tamis.

3° Serrage insuffisant du tamis contre le verre par suite du fonctionnement imparfait des ressorts qui doivent assurer ce serrage.

Auto-capteur de gaz, système Petit. — La Société des houillères de Saint-Etienne exposait un appareil imaginé par M. Petit, ingénieur en chef de la Société, pour effectuer automatiquement, d'une façon continue, des prises d'air grisouteux ou de gaz quelconques.

M. Petit a pris comme point de départ l'intérêt qui résulterait de la connaissance exacte et continue de la teneur en grisou d'un chantier ou de l'ensemble des travaux souterrains, pour étudier les relations existant entre le dégagement du gaz et les différentes phases du travail et analyser l'influence de la section d'abatage pour un tonnage constant ou inversement. En construisant son appareil, il a eu pour but de reconstituer en quelque sorte, à la fin de chaque journée, par le tracé de la courbe de la teneur, l'histoire de tel ou tel chantier délicat, dont la mise en œuvre rejette dans le courant d'air des quantités importantes de grisou, en un mot de saisir les effets d'une façon ininterrompue afin de pouvoir remonter aux causes.

L'appareil n'est pas un grisoumètre, mais un échantillonneur ; il capte automatiquement, presque sans discontinuité, l'air grisouteux de la mine, en effectuant des prises d'une durée réglable à volonté, qu'on analyse au laboratoire par la méthode des limites d'inflammabilité.

Le principe de l'appareil est le suivant :

Imaginons deux vases A, B, superposés (fig. 97), dont le premier est fermé et rempli d'un liquide quelconque, d'eau par exemple, et dont le second est ouvert et vide. Ces récipients sont raccordés par deux tubulures T, T', munies de robinets R, R' ; l'une d'elles T sert à l'écoulement progressif, dans B, de l'eau renfermée en A ; l'autre, T' sert à l'adduction, dans la capacité laissée libre par le liquide de A, du gaz qu'on veut capter et dans lequel plonge librement le vase B. Si on donne aux récipients superposés des dimensions relatives convenables, le liquide atteindra la tranche supérieure $m\,n$ de la tubulure T au moment où il obstruera l'orifice inférieur de T', par suite de son élévation dans B. On aura opéré ainsi, en une durée réglable à volonté, dépendant du degré d'ouverture du robinet R et de la hauteur de charge motrice, une prise de gaz d'un volume déterminé V. Quand l'écoulement de l'eau s'arrête, toute altération dans la prise de gaz effectuée est impossible, sous réserve de l'étanchéité parfaite des robinets R, R'.

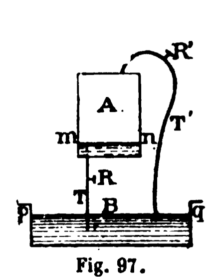


Fig. 97.

Pour réaliser un appareil permettant de pratiquer automatiquement 1, 2, 3.... n prises de même volume, opérées chacune dans le même temps, on a recours à la disposition suivante :

Deux vases A, B (fig. 98), l'un tronconique, l'autre cylindrique, sont réunis à leur base par une tubulure munie d'un robinet d'écoulement

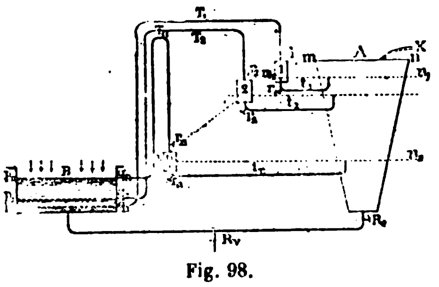


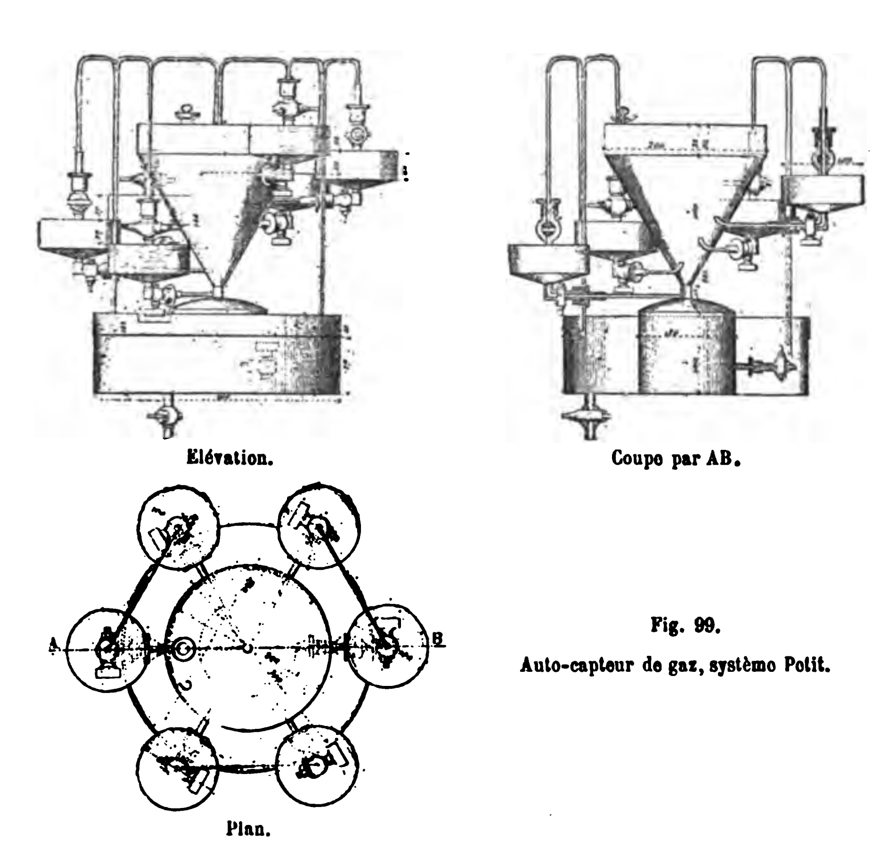
Fig. 98.

R_e et d'un robinet de vidange R_v ; le premier, qu'on remplit d'eau, est fermé et ne communique avec l'atmosphère que par un tube capillaire K, garni de coton ; le second est vide et ouvert par le haut. Une série d'éprouvettes 1, 2, 3.....n, placées en cascade, sont reliées, d'une part au récipient A par les tubes t_1 t_2.... t_n, d'autre part au vase B, par les tubes T_1 T_2... T_n ; au sommet et à la base de chaque éprouvette, des robinets r_1 r_2... r_n sont placés sur les tubes.

Les tubes t servent à l'écoulement de l'eau des éprouvettes dans la

clepsydre régulatrice A ; ils sont à dessein recourbés en U. Les tubes T, qui débouchent dans le vase B à des hauteurs variables en partant du fond, servent à l'aspiration de l'air grisouteux.

Les éprouvettes sont placées à des hauteurs telles que la tranche supérieure de l'une quelconque d'entre elles soit au même niveau que le plan des orifices du tube en U de la précédente. On comprend maintenant le fonctionnement de l'appareil. Le robinet R_e étant fermé et les robinets r ouverts, on remplit d'eau avec un entonnoir fixé sur la clepsydre, les éprouvettes 1, 2, 3... n et les tubes t et T jusqu'à la hauteur de la tranche supérieure de A. On ouvre alors R_e, dont la section de passage est déterminée pour des prises d'une durée donnée ; le volume d'eau



Élévation.

Coupe par AB.

Plan.

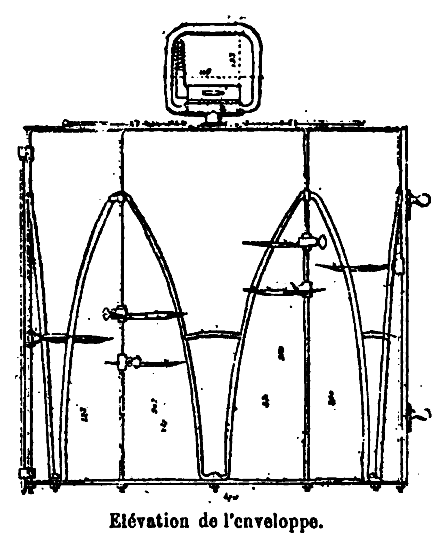
Fig. 99.
Auto-capteur de gaz, système Potit.

contenu dans l'éprouvette n° 1, augmenté de celui que renferme le régulateur A entre les deux plans $m\ n$, $m_1\ n_1$, s'écoule dans B et vient obstruer l'orifice inférieur du tube à air T_1, à l'instant où le liquide arrive au niveau $m_1\ n_1$.

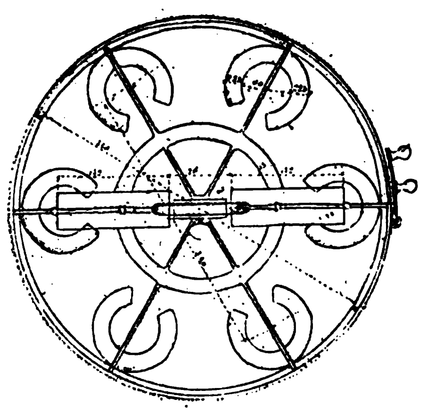
On a ainsi réalisé, en un temps donné, une prise de gaz d'un volume

déterminé, avec obstruction hydraulique à la base et au sommet de l'éprouvette.

Dès que le niveau de l'eau s'est abaissé dans le régulateur en dessous du plan $m_1\ n_1$, le flaçon n° 2 commence à se vider à son tour et les mêmes phénomènes de captage, accompagnés d'une fermeture automatique, se reproduisent jusqu'à la dernière éprouvette.



Elévation de l'enveloppe.



Plan.

Fig. 100. — Auto-capteur de gaz, système Petit.

En réalité, l'appareil n'a pas la forme qu'indique le croquis ; on a cherché, pour des raisons dictées par la pratique des mines, à réduire au minimum son degré d'encombrement. Les éprouvettes sont disposées suivant un arc d'hélice (fig. 99 et 100) ; la clepsydre occupe le centre de l'auto-capteur et repose sur un socle placé au milieu de l'aspirateur. Tous les récipients sont constitués par des vases en zinc et les éprouvettes ont un diamètre qui permet leur introduction facile, pour l'analyse, dans le manchon de l'appareil Lebreton. On les étage en les plaçant sur des supports en tôle mince, fixés par vis de pression sur les colonnettes de l'ossature. Les tubes de raccordement sont en cuivre : les tubes à liquide ont 4 mm. de diamètre intérieur et les tubes à gaz 2 mm. Un couvercle à deux portes, constitué par une toile métallique légère à mailles serrées, mobile autour d'un diamètre, protège les tubes et les robinets.

Le poids total de l'appareil est de 12 ^{kg}, 260 ; il a 0^m,45 de diamètre et 0^m,30 de hauteur ; son prix est de 100 francs environ.

L'auto-capteur a été essayé au puits du Treuil n° 2 des houillères de

Saint-Etienne, en 1895, dans un chantier en traçage balayé par un courant d'air d'intensité constante. Actuellement, toutes les mines de la Société en sont munies.

Nous donnons, à titre d'indication, un diagramme montrant la variation de la quantité de grisou dégagé dans un traçage, en mai 1895 (fig. 101).

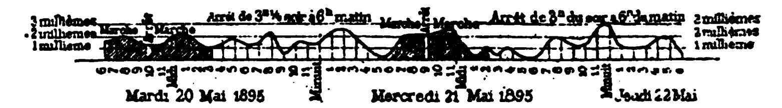


Fig. 101. — Auto-capteur de gaz, système Petit. — Diagramme des essais.
Les hachures indiquent la teneur pendant les heures de travail au charbon. Les parties non hachurées indiquent la teneur pendant la période de cessation complète du piquage.

Grisoumètre de Ronchamp. — La Société des Houillères de Ronchamp exposait un grisoumètre imaginé par M. Poussigue, directeur de cette Société, pour l'analyse directe des mélanges grisouteux.

Cet appareil (voir fig. 102), comprend :

1° *Le mesureur.* — Un tube gradué T, relié à un réservoir mobile K contenant de l'eau, porte un renflement à sa partie supérieure et se termine par une tubulure à trois directions, munie d'un robinet à deux voies R. La capacité du mesureur est de 200 cm^3 environ et la partie graduée comprend 20 à 25 cm^3.

Au-dessus de la partie graduée vient se souder un tube vertical *t*, divisé en millimètres, qui sert de manomètre.

Le mesureur tout entier est plongé dans un réservoir en verre L dans lequel circule de l'eau à température constante, indiquée par un thermomètre O.

2° *Le brûleur.* — Cette partie de l'appareil se compose d'un tube en cristal de 15 mm. environ de diamètre et de 65 mm. de longueur, recevant à chaque extrémité une armature métallique et contenant une spirale de platine aboutissant de chaque côté aux bornes 1 et 2 placées sur l'armature supérieure. Celle-ci porte, en outre, une tubulure et un robinet que l'on relie au brûleur par un caoutchouc épais. L'armature inférieure P du brûleur se visse sur la troisième partie du grisoumètre.

3° *Le laveur.* — Le laveur A est un vase cylindrique en verre, en communication avec un flacon K' contenant de la potasse caustique. La partie supérieure reçoit le brûleur et dans le vide A se trouvent placés des tubes de verre.

L'appareil entier est placé sur une table et les flacons KK' sur des

supports à crémaillère. Une batterie de piles au bichromate ou une dérivation de courant complète l'ensemble.

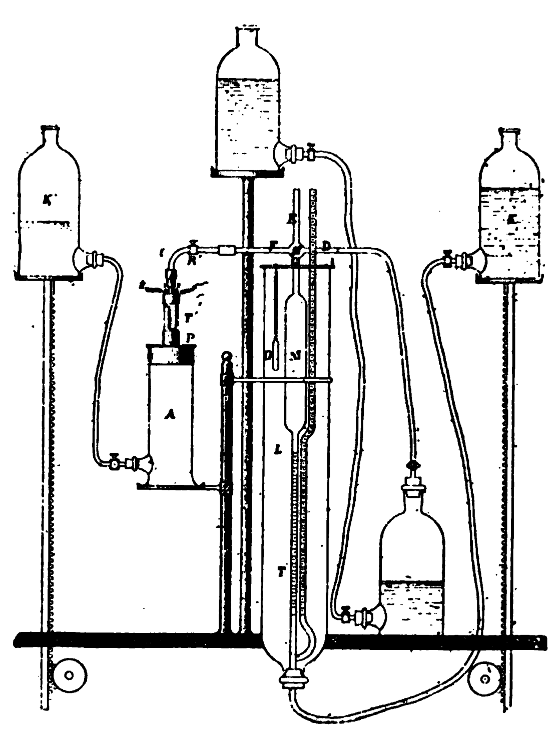


Fig. 102. — Grisoumètre de Ronchamp.

Voici comment on procède à une analyse :

1° Les deux flacons K K′ occupant la position la plus basse, on tourne le robinet R de façon que F communique avec E. On ouvre R′ et on élève le flacon K′ jusqu'à ce que le liquide soit arrivé à toucher R′ ; on ferme celui-ci et on ramène K′ dans sa position primitive.

2° On tourne R de manière que D et G soient en communication. On élève le flacon K, l'air du mesureur est expulsé ; quand l'eau arrive au robinet G, on tourne R pour que D et E communiquent ; puis on ramène le flacon K à la position primitive.

3° On relie D par un caoutchouc au flacon de prise d'essai qui, recevant par sa tubulure inférieure de l'eau sous pression, laisse échapper son gaz ; on purge ainsi tout le tube. On tourne R pour que D communique avec le mesureur, l'air à essayer pénètre dans celui-ci. Quand il y en a environ 200 cm³, on interrompt l'arrivée de gaz et on met F en communication avec G en manœuvrant R. On laisse se rétablir l'équi-

libre des températures et on note le volume compris dans le mesureur, la hauteur d'eau du manomètre *t*, ainsi que la température.

4° On ouvre le robinet R′ et on élève le flacon K ; le gaz du mesureur est refoulé dans le brûleur d'abord, ensuite dans le laveur. Quand l'eau est arrivée au robinet R, on abaisse le flacon K et on lève le flacon K′ ; puis, de nouveau le flacon K et cela plusieurs fois, en laissant chaque fois le gaz séjourner dans le laveur un petit instant. Finalement, on remet toutes choses dans l'état primitif. On note la température, la pression et le volume. On peut ainsi calculer la quantité d'acide carbonique contenue dans l'air soumis à l'analyse.

5° On recommence comme en 4°, mais en faisant passer le courant dès que la spirale de platine ne plonge plus dans le liquide. Le grisou brûle, l'acide carbonique formé est absorbé au fur et à mesure dans le laveur. Enfin, on arrête le courant et après refroidissement suffisant du brûleur, pour éviter les ruptures du tube, on ramène le liquide jusqu'en R' que l'on ferme. On note encore la pression, la température et on lit le volume. On a tous les éléments pour terminer l'analyse.

L'opération complète dure environ 20 minutes.

De la perte totale de gaz, on retranche l'acide carbonique trouvé dans la première partie de l'expérience et le surplus provient de la transformation du grisou en acide carbonique et en eau.

Or, un volume de protocarbure exige deux volumes d'oxygène pour sa combustion ; comme on absorbe la totalité des produits, la diminution de volume constatée sera donc égale à trois fois la teneur en protocarbure.

On voit que le procédé en lui-même comporte une grande précision puisque l'erreur commise, qui ne saurait être que faible, se trouve divisée par 3.

Afin que l'analyse puisse donner toute garantie d'exactitude, il faut que l'air essayé contienne assez d'oxygène pour brûler le grisou qui peut se trouver dans le mélange.

On peut donc être amené à doser cet oxygène ; on pratique alors cet essai d'une façon simple par la méthode du pyrogallate de potasse, dans un autre appareil.

Lampes électriques portatives. — L'emploi des lampes électriques portatives ne s'est pas encore généralisé dans les exploitations houillères et l'Exposition n'en a reçu aucun modèle nouveau. En laissant de côté la question du grisou, il est probable que le poids relativement

élevé des lampes à accumulateurs essayées à ce jour, leur chargement assez compliqué et leur durée trop limitée de fonctionnement, ne compensent pas l'avantage du grand éclairement qu'elles assurent.

M. Libert, dans un rapport présenté au Congrès des Mines et de la Métallurgie sur l'emploi de l'électricité dans les houillères, signale cependant les débuts heureux de la lampe Sussman en Belgique, où plus de 2 000 unités sont actuellement en service. Cette lampe est d'origine anglaise ; son principe est basé sur l'emploi d'un accumulateur sec ;

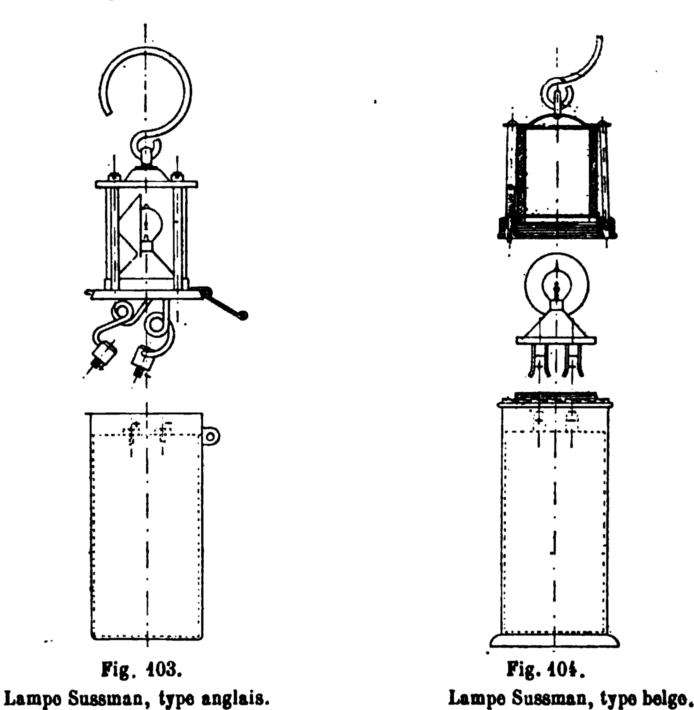


Fig. 103. Lampe Sussman, type anglais.

Fig. 104. Lampe Sussman, type belge.

la matière active s'obtient par un mélange d'oxyde de plomb en poudre avec une solution de caoutchouc et une solution de sulfate d'ammoniaque ; cette pâte s'applique sur les plaques de plomb quadrillées ou percées de trous, pour former les positifs ; les négatifs sont obtenus avec des plaques garnies de plomb réduit. L'électrolyte est constitué par de la pâte à papier imbibée d'acide sulfurique, de manière à former une masse plastique et adhérente. Chaque accumulateur comprend deux éléments réunis en tension et composés chacun de trois plaques, une positive et deux négatives ; une boîte en ébonite, divisée en deux compartiments, reçoit les éléments et la masse électrolyte ; une couche épaisse de cire isolante recouvre le tout, laissant seulement dépasser

les bornes de connexion et deux tétines qui permettent d'introduire, au moyen d'une pipette, le liquide humecteur.

Dans le type anglais (voir fig. 103), l'accumulateur est contenu dans un réservoir en tôle, fermé par un couvercle dont un cadenas assure la fermeture. L'ampoule à incandescence et le verre protecteur font corps avec le couvercle que des entretoises en laiton relient au chapeau de la lampe. Deux fils de cuivre, isolés, terminés par un bouton, établissent la liaison entre l'accumulateur et l'ampoule.

Ce modèle ne satisfaisant pas aux conditions imposées par la législation belge pour l'emploi des lampes dans les mines grisouteuses, il fût modifié par M. Isaac, directeur de la Compagnie des Charbonnages belges, qui adapta sur la boite des accumulateurs la garniture à vis des lampes Mueseler et la fermeture au rivet de plomb système Dinoire. De plus, un dispositif ingénieux permet de n'allumer la lampe qu'au moment de la descente, ou même, pour les lampes tenues en réserve dans la mine, au moment de s'en servir (fig. 104).

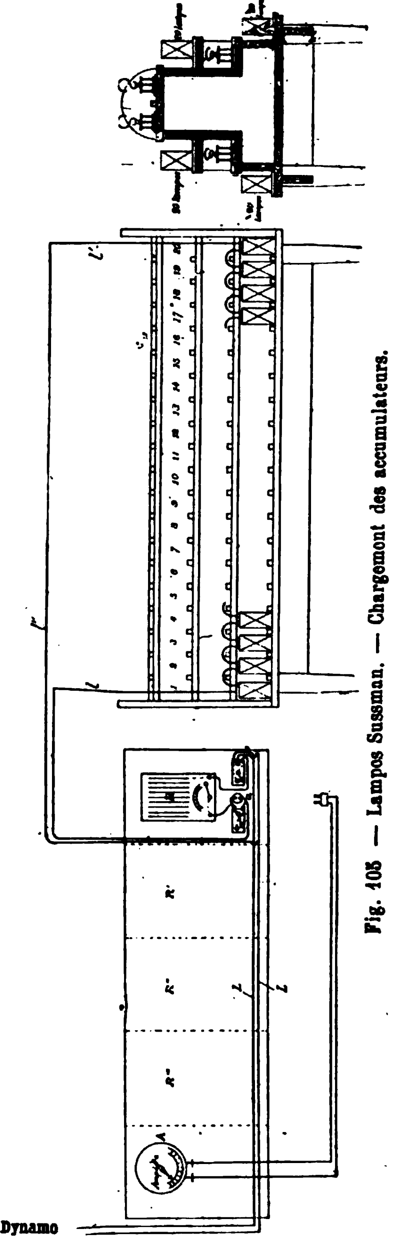


Fig. 105 — Lampes Sussman. — Chargement des accumulateurs.

La charge des accumulateurs dure 11 heures, par un courant de 0,7 ampère sous une tension de 5 volts par lampe, ce qui permet avec une tension de 100 volts, de charger des séries de 20 lampes. Les accumulateurs sont placés sur des tables à gradins en face de leurs chapeaux (voir fig. 105) ; des résistances de réglage, montées en série avec les groupes de 20 lampes, portent un double contact pour faire passer, à volonté, le courant de chacune des séries dans un ampèremètre de

contrôle. Une lampe-témoin, branchée sur la ligne de chaque série, renseigne l'électricien sur la suppression de la charge dans les lampes correspondantes à la suite d'un accident de contact aux bornes. Des petites résistances, installées à l'emplacement des lampes, permettent de commencer la charge d'une série, alors même qu'il n'y a pas 20 lampes disponibles ; ces résistances sont supprimées automatiquement par la mise en place des accumulateurs et elles assurent, en même temps qu'une grande facilité du travail, un contrôle permanent des numéros manquants.

Quand la charge est terminée, le chapeau est vissé incomplètement sur la boîte de l'accumulateur, de façon à obtenir la fermeture sans que le courant passe dans l'ampoule. Au moment de la descente, l'ouvrier achève de visser le chapeau et la lampe s'allume ; on économise ainsi l'éclairage de la période d'attente.

La lampe Sussman, type de la Compagnie des Charbonnages belges, pèse $2^{k},150$, alors que les lampes Mueseler et Marsaut ont un poids respectif de $1^{kg},250$ et $1^{kg},600$. Elle produit un éclairement 2 fois 1/2 plus intense que celui de la lampe Mueseler.

La Société « l'Accumulateur sec » fournit les lampes en location aux Charbonnages belges et le prix de revient de chaque lampe, par journée de travail, toutes dépenses de location, d'énergie et d'entretien comprises, est de 11 centimes 7.

Il est certain que la lampe Sussman marque un progrès sensible sur les accumulateurs à électrolyte liquide, dont on peut attribuer l'insuccès aux inconvénients que présentait leur manipulation dans les mines. Son poids ne semble pas devoir être un obstacle à la généralisation de son emploi, en raison des grands avantages qu'elle procure à l'ouvrier lui-même par un pouvoir éclairant considérable et un fonctionnement assuré dans toutes les positions ; mais elle ne décèle pas la présence du grisou et ne donne par suite aucune indication en cas d'atmosphère dangereuse ou irrespirable ; elle oblige donc à employer concurremment la lampe de sûreté habituelle dans de nombreux chantiers, pour les mines grisouteuses.

L'expérience commencée dans les mines de Belgique permettra sans doute de donner à cette lampe la sanction pratique qui lui a fait défaut jusqu'ici.

CHAPITRE XIII

RIVAGES

Rivage de Mariemont et Bascoup. — La Société des Charbonnages de Mariemont et Bascoup présentait un relief au 1/20 de son rivage de Bellecourt. Les charbons destinés à l'embarquement sont chargés aux Ateliers de triage sur des wagons de forme spéciale, qui permettent d'effectuer le déchargement dans un temps très court. Ces wagons, construits en tôle, se composent de cinq caisses rectangulaires, indépendantes l'une de l'autre et placées côte à côte sur les châssis. Les caisses peuvent basculer sur une charnière qui les rattache par une de leurs extrémités au longeron correspondant du châssis ; l'autre extrémité est soulevée par la grue de déchargement. La paroi située au-dessus de la charnière de chaque caisse est mobile ; elle s'ouvre par le bas dès que les verrous qui la maintiennent sont tirés. Quand la caisse est basculée, le charbon peut s'écouler et être dirigé vers les bateaux au moyen d'une trémie spéciale.

La grue de déchargement se déplace sur le quai, parallèlement aux bateaux ; les rails de la voie de roulement sont très écartés, afin d'englober la voie normale des wagons et de permettre à ceux-ci de passer sous le pont et à l'intérieur des piliers de support de la grue. Cet appareil porte :

1° Une trémie mobile pouvant être abaissée ou relevée à volonté pour le chargement et le passage du bateau ou pour la circulation de la grue. La trémie est terminée par un bec long et mobile permettant de répartir le charbon sur la largeur du bateau ;

2° Un cylindre à traction directe pour la manœuvre de la trémie ;

3° Un second cylindre semblable au précédent pour le soulèvement des caisses que portent les wagons ;

4° Un petit moteur double à changement de marche, pour le déplacement de la grue sur son chemin de roulement ou pour celui des wagons sur la voie normale ;

5° Une chaudière pour fournir la vapeur aux cylindres à traction directe et au petit moteur.

Toutes les manœuvres que nécessitent la trémie, le bec mobile et le soulèvement des caisses, ainsi que la translation de l'appareil et des wagons, sont faites par un machiniste placé dans la cabine du pont, d'où il peut suivre les opérations du déchargement. L'accrochage des caisses et l'ouverture des portes sont faites par un autre ouvrier.

Rivage d'Aniche. — La Compagnie d'Aniche exposait une photographie de son rivage d'embarquement, installé au voisinage de Douai, sur une propriété de 28 hectares, avec un développement de 1 600 m. sur les bords de la Scarpe.

Un culbuteur hydraulique est disposé sur un quai de 5^{m},27 de hauteur où les locomotives amènent les wagons de charbons à expédier par bateaux. Le culbuteur se compose d'un tablier mobile, sur lequel on place les wagons de 12^{t},500, attelé à un piston qui est actionné par de l'eau sous une pression de 50 kg. par centimètre carré.

L'eau sous pression est fournie par une petite installation, placée au bas du quai, qui comprend une machine à vapeur à deux cylindres couplés actionnant deux pompes foulantes, avec mise en marche et arrêt automatiques à l'aide d'un obturateur manœuvré par l'accumulateur.

Un halage mécanique, pour les bateaux, est disposé le long du quai.

Cette installation permet d'embarquer 1 200 t. par jour ; dans quelque temps la Compagnie d'Aniche pourra disposer de deux culbuteurs.

CHAPITRE XIV

PRÉPARATION MÉCANIQUE

CRIBLAGES.

Crible « Vibromoteur ». — Le crible « Vibromoteur » exposé par la Société Pick et C°, de Sheffield, a pour objet de supprimer les vibrations produites dans les bâtiments par les appareils de criblage ordinaires. Le crible proprement dit (voir fig. 106) est suspendu au bâtiment

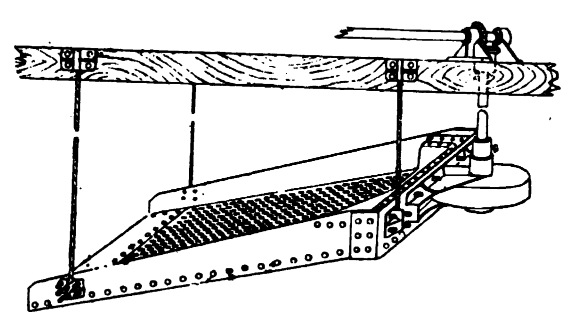


Fig. 106. — Crible « vibromoteur ».

ou à une charpente spéciale par quatre câbles métalliques et le mouvement lui est donné au moyen d'une came pesante, montée à l'extrémité d'un arbre flexible vertical auquel on communique par engrenages un mouvement de rotation rapide. L'appareil moteur est excentré par rapport au crible, de manière à obtenir un balancement irrégulier, et l'arbre vertical tourne dans des coussinets fixés aux pièces mobiles, de sorte que la charpente supporte seulement le poids de l'ensemble sans participer aux mouvements de vibration; la came motrice excentrée suit le balancement du crible qu'elle met en mouvement et se déplace à travers une série de points correspondants aux moments d'inertie successifs.

Basculeur Rigg. — M. James Rigg présentait dans la section de la Grande-Bretagne un modèle réduit de son basculeur pour le déchargement des wagonnets de charbon aux ateliers de criblage.

Dans cet appareil, le wagonnet chargé oscille seulement et se vide en

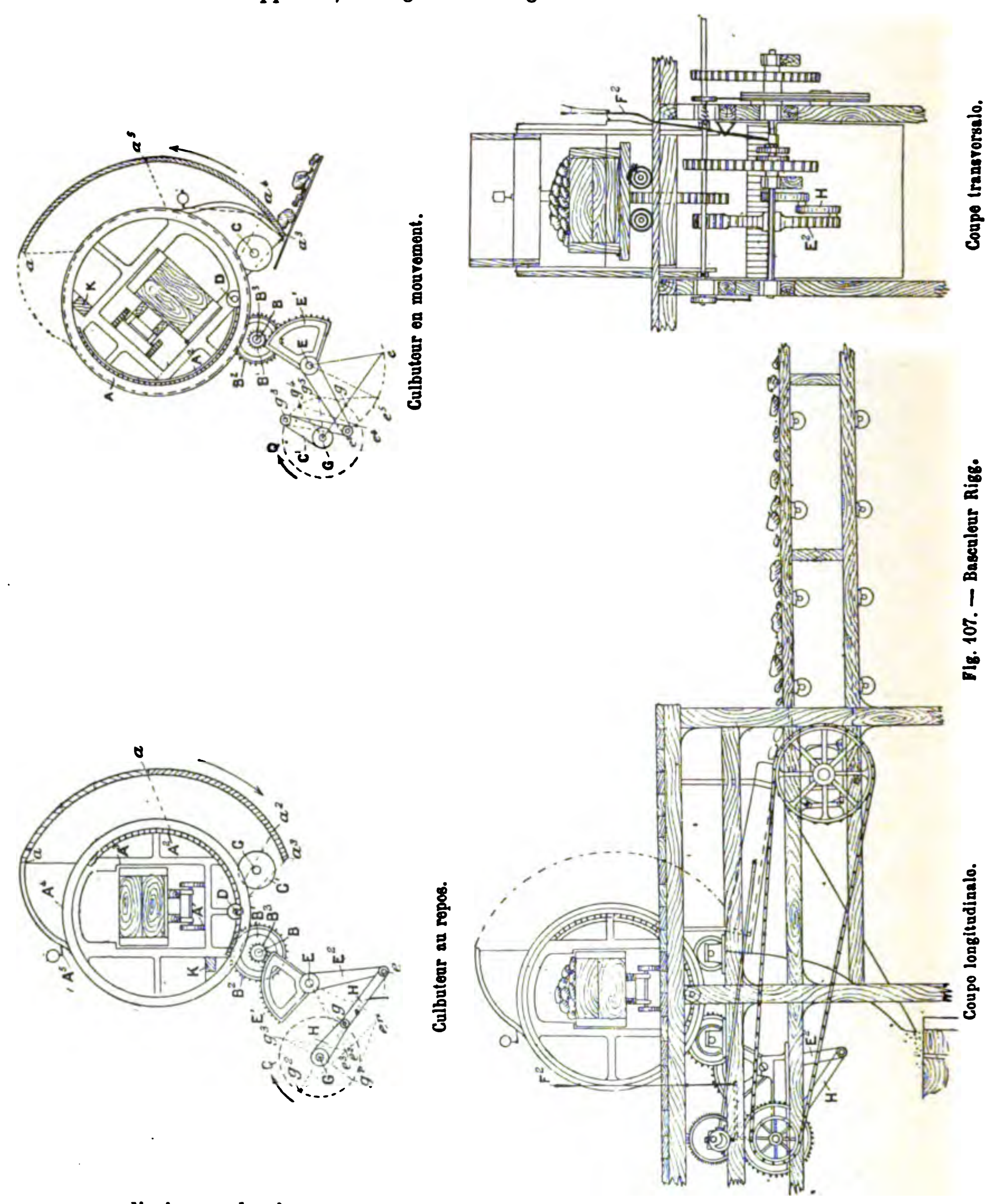


Fig. 107. — Basculeur Rigg.

diminuant la chute, et par suite la casse des morceaux de charbon, qui

se produit avec l'emploi du culbuteur à rotation complète. Cette « machine oscillatoire » fonctionne à la vitesse nécessaire pour obtenir un débit maximum sur les toiles de triage; mais la vitesse se trouve ralentie sur un arc de 10° au moment où le charbon quitte le wagonnet pour passer dans le couloir ou sur le crible.

Les quatre figures 107 représentent le dispositif adapté au culbuteur proprement dit pour obtenir l'oscillation en avant et l'oscillation de retour. L'arbre G se meut à une vitesse uniforme; la manivelle H^1, fixée sur cet arbre, est articulée en g sur le bras H; par l'intermédiaire du segment denté E^1, elle actionne un pignon et une roue qui engrène avec la crémaillère A^2 fixée au basculeur. Une révolution de l'arbre G produit la double oscillation. Il y a lieu de remarquer que les trois arcs de cercle égaux gg^1, g^1g^2, g^2g^3, parcourus à une vitesse uniforme par l'articulation de la manivelle, correspondent aux différentes vitesses de déplacement du basculeur suivant les arcs $a\,a^1$, $a^1\,a^2$, $a^2\,a^3$, et ces variations de la vitesse dans les deux mouvements « avant » et « retour » sont calculées pour permettre un mouvement extrêmement rapide du culbuteur quand le charbon ne quitte pas le wagonnet, et un mouvement lent au moment où commence la décharge et jusqu'à ce qu'elle soit terminée.

Des essais comparatifs avec un culbuteur à rotation complète, exécutés à la Compagnie « The United Collieris Limited », dont l'extraction annuelle est de un million de tonnes, ont donné les résultats suivants :

Culbuteur à rotation complète :		*Basculeur Rigg :*	
Gaillettes	55t,37	Gaillettes	61t,04
Poussier	44,63	Poussier	38,96
	100 tonnes		100 tonnes

Broyage.

Broyeurs « Devil » et « Multiple ». — Dans la section anglaise, « The Hardy Patent, Pick et C° Limited » présentait deux broyeurs capables de réduire, en poudre grossière ou en poussière impalpable, n'importe quelle matière sauf les métaux, et dans n'importe quelles conditions hygrométriques.

Le broyeur « Devil » consiste en deux bagues dentées, l'une fixe, l'autre animée d'un mouvement de rotation. Les dents sont disposées en cercles concentriques; elles ont des dimensions variables, de sorte que les matières sont réduites par degrés et sortent de l'appareil quand elles ont la finesse nécessaire pour passer entre les dents les plus petites.

Une disposition spéciale permet d'écarter ou de rapprocher les bagues dentées, afin de régler le degré de finesse désiré pendant la marche même de l'appareil.

Le broyeur « Multiple » est une machine à percussion, composée de plusieurs chambres de diamètres différents, munies de plaques ondulées et d'un jeu de battoirs, de longueur convenable, fonctionnant à la vitesse de 2 000 tours par minute. Le courant d'air produit par l'action des battoirs porte la matière à traiter d'une chambre à l'autre ; après avoir subi les effet successifs des différents jeux de battoirs, elle passe dans le collecteur d'où elle sort à l'état de poussière impalpable.

Un broyeur « Devil » du type n° 4, capable de traiter 5000 à 10000 kg. à l'heure, exige une force motrice de 18 à 25 chevaux pour une vitesse de 700 tours à la minute. Son poids est de 3 500 kg. et ses dimensions d'encombrement atteignent $2^m,15$ de longueur, $1^m,67$ de largeur et $1^m,67$ de hauteur.

Un broyeur « Multiple », type n° 3, capable de traiter 500 à 2 000 kg. à l'heure, exige 25 à 50 chevaux pour une vitesse de 2 000 tours. Son poids est de 2000 kg. et ses dimensions d'encombrement : $1^m,80$ de longueur, $1^m,12$ de largeur et $1^m,12$ de hauteur.

Lavage.

Laverie de Lens.— Il y a une dizaine d'années, les charbons menus constituaient pour la Société des Mines de Lens un produit encombrant et d'une défaite difficile.

Un lavoir à grains permettait d'en traiter 5 à 600 t. par jour et d'en retirer une certaine quantité de grains de forge; le reste était vendu brut à des prix peu rémunérateurs.

Pour tirer un meilleur parti de ces produits, la Société des mines de Lens décida de les transformer en charbon lavé, en coke et en briquettes, dont la vente se présentait comme mieux assurée et plus avantageuse; en même temps, l'écoulement plus facile des fines permettait d'améliorer la qualité des charbons tout-venant et industriels.

Un programme de travaux fût donc élaboré et son exécution, commencée en 1893, est en grande partie terminée.

La Société de Lens exposait les plans de la laverie centrale de Pont-à-Vendin, qui forme la partie principale des installations correspondant au programme dònt nous venons de parler.

Cette laverie comprend un lavoir Bernard pouvant traiter 1200 t. en

10 heures et un lavoir Coppée pouvant traiter 800 t. pendant le même temps. Les deux lavoirs sont disposés dans le même bâtiment; ils ont une machine motrice commune pour la commande des appareils et une autre pour celle des pompes.

Les fines brutes sont expédiées des fosses en grands wagons qui sont culbutés dans les trémies des charbons bruts des deux lavoirs, au moyen d'une grue à vapeur portée par la locomotive de manœuvre. Chaque lavoir comprend des bacs à grains pour traiter les grosseurs supérieures à 10 mm, trous ronds, et des bacs à feldspath pour laver les fines de 4 à 10.

Les poussiers de 0 à 4 ne sont pas lavés; ils sont suffisamment propres pour être employés directement à la fabrication du coke ou des agglomérés.

Une grande citerne, commune aux deux lavoirs, reçoit toutes leurs eaux noires, qui laissent déposer la plus grande partie des schlamms avant de retourner aux pompes centrifuges.

Ces schlamms, de teneur en cendres peu élevée, sont repris par une grande noria et mélangés aux charbons à coke.

Les bacs à feldspath du lavoir Bernard envoient leurs charbons lavés dans des tours dites de filtration; les eaux noires qui ont servi au transport de cette catégorie de lavés, filtrent à travers la couche déposée et sortent claires à la partie inférieure des tours en abandonnant leurs schlamms dans la masse filtrante; le produit recueilli, mélange des poussiers 4 à 10 lavés et des schlamms, a une teneur en cendres inférieure à 4 0/0.

Une fois par semaine, on procède à une purge générale des eaux noires, qui sont alors envoyées dans des bassins de décantation; ceux-ci reçoivent en outre les eaux d'égouttage des grains lavés au-dessus de 10 mm. Les schlamms ainsi recueillis sont utilisés pour le chauffage des générateurs.

Le lavoir Bernard ne traite que des charbons gras, tandis que le lavoir Coppée traite un mélange, en proportions variables, de gras et de demi-gras; en résumé, les produits reçoivent les destinations suivantes :

Poussiers non lavés 0 à 4 Bernard, pour les fours à coke.

Fines lavées 4 à 10 Bernard, une partie pour les fours à coke, une autre partie pour le commerce.

Grains lavés 10 et plus, Bernard, pour le commerce.

Poussiers non lavés 0 à 4 Coppée, une partie pour le coke, une partie pour les briquettes.

Fines lavées 4 à 10 Coppée, une partie pour le coke, une partie pour les briquettes.

Grains lavés au-dessus de 10, Coppée, pour le commerce.

Schlamms de la grande citerne, pour le coke.

Schlamms des bassins de décantation, pour les générateurs.

Mélange pour coke. — Des transporteurs mécaniques conduisent à deux broyeurs Carr, les diverses catégories désignées ci-dessus pour entrer dans le mélange; les broyeurs reçoivent en même temps un appoint de fines grasses brutes choisies parmi les plus propres; le mélange très intime opéré par le broyage, est remonté par une noria et réparti par un transporteur dans toute l'étendue d'un grand réservoir en ciment armé.

Les schistes de lavage, résidû des opérations décrites précédemment, contiennent environ 65 0/0 de cendres.

Trois autres lavoirs, comportant bacs à grains et à feldspath, sont en construction aux fosses n°s 1, 7 et 8. Ils permettront de traiter 950 t., de sorte que, avec les lavoirs existants, les installations d'ensemble permettront à bref délai de traiter 3 300 t. par journée de 10 heures.

Laverie de Béthune. — La Société des mines de Béthune exposait une réduction au 1/10, remarquablement exécutée, de son nouveau



Fig. 108. — Wagon de 15 tonnes en tôle d'acier.

lavoir avec toutes les machines et appareils accessoires nécessaires au fonctionnement de l'ensemble; le tout était mis en marche par l'intermédiaire d'une petite dynamo placée sous l'installation.

Le lavoir peut traiter au minimum 100 t. de charbon à l'heure; il a été mis en marche aux Usines de Béthune en juillet 1897 et il est divisé en deux parties, afin de permettre le traitement simultané de deux sortes de charbons.

Les produits à laver sont amenés aux usines dans les wagons de 15 t. de la Compagnie, puis classés sur les voies 11, 12 et 13 (fig. 110). Ces wagons sont basculés sur des culbuteurs automatiques du type du rivage, dont nous donnons une vue d'ensemble (fig. 109).

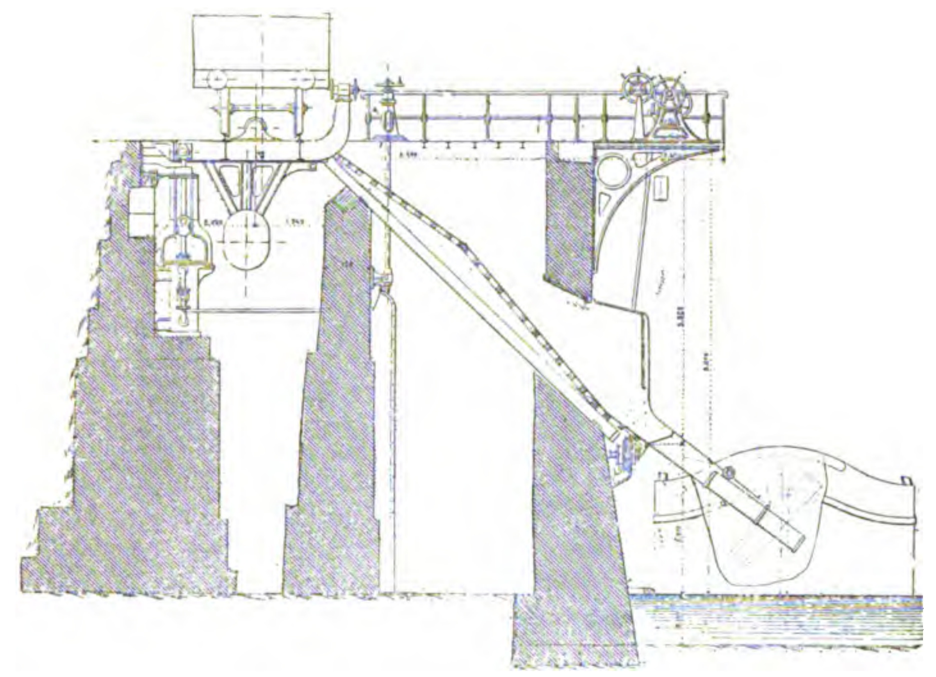


Fig. 109. — Mines de Béthune. — Culbuteur automatique pour wagon de 15 tonnes.

Les charbons qui s'écoulent dans les trémies sont remontés jusqu'à la partie supérieure du bâtiment par les chaînes à godets qui les déversent sur des tables à secousses. Celles-ci classent les charbons bruts :

1° En morceaux de 50 à 60 mm. qui sont transportés directement dans les fours de chargement après avoir été épierrés sur un câble transporteur.

2° En grains de 30 à 50 mm, 15 à 30 mm, 8 à 15 mm, qui sont conduits par courant d'eau aux appareils à grains.

3° En fines de 3 à 8 mm. et 0 à 3 mm. qui sont également entraînées par courant d'eau aux bacs à feldspath pour y être lavées, ou transportées en totalité ou partie, directement dans les tours de chargement.

Les appareils à grains sont au nombre de trois pour chaque partie du lavoir. Le classement des produits bruts a lieu par densité, dans des bacs à pistons. Les charbons purs s'écoulent par le courant d'eau supérieur, tandis que les schistes et les mixtes des trois appareils sont entraînés par une hélice et une chaîne à godets dans un bac de relavage identique aux précédents.

Les mixtes, provenant du classement par cet appareil, sont déversés dans une citerne de concentration ou chargés directement dans une tour.

Les schistes de 8 à 50 mm. formant le lit inférieur de la table de lavage, sont conduits par courant d'eau dans la citerne recevant tous les déchets.

Les appareils à fines sont au nombre de six pour chaque partie du lavoir. Ils sont composés par des caisses doubles, dans la partie arrière desquelles se meut un piston qui donne à l'eau son mouvement ascensionnel. La partie d'avant porte la claie de lavage. Des feldspath calibrés, déposés sur cette claie, jouent le rôle de clapets et entraînent constamment les schistes au fond des caisses, tandis que le charbon pur s'écoule avec le courant supérieur.

La première et la deuxième caisse de chaque appareil reçoivent les schistes. La troisième caisse reçoit des mixtes. Le charbon pur se déverse dans un bac commun à tous les appareils. Les mixtes de la troisième caisse sont relavés dans des appareils identiques aux précédents et les schistes conduits par courant d'eau dans la citerne recevant tous les déchets.

Les charbons de 0 à 8 mm. de chaque partie du lavoir sont entraînés dans des bassins de concentration.

Un dispositif spécial à l'installation permet d'obtenir des menus de diverses teneurs, entre 15 et 28 0/0 de matières volatiles, ou des charbons de même teneur, contenant diverses proportions de grains de différentes dimensions, formant des fines de 0 à 15 mm, de 0 à 30 mm, de 0 à 50 mm, à 16 0/0, 20 0/0, 24 0/0, 28 0/0 de matières volatiles.

La disposition des couloirs à grains permet aussi de reconstituer des grains lavés de 8 à 30 mm, de 8 à 50 mm, de 15 à 30 mm, de 15 à 50 mm, de 25 à 30 mm, de 25 à 50 mm, à 16 0/0, 20 0/0, 24 0/0, 28 0/0 de matières volatiles.

Le chargement des produits lavés se fait par des trappes situées au-dessous des tours de chargement, dans des wagons de la Compagnie du Nord ou de la Compagnie de Béthune qui sont ensuite classés sur les voies 1, 2, 3, les voies 4 et 5 étant réservées pour les wagons vides.

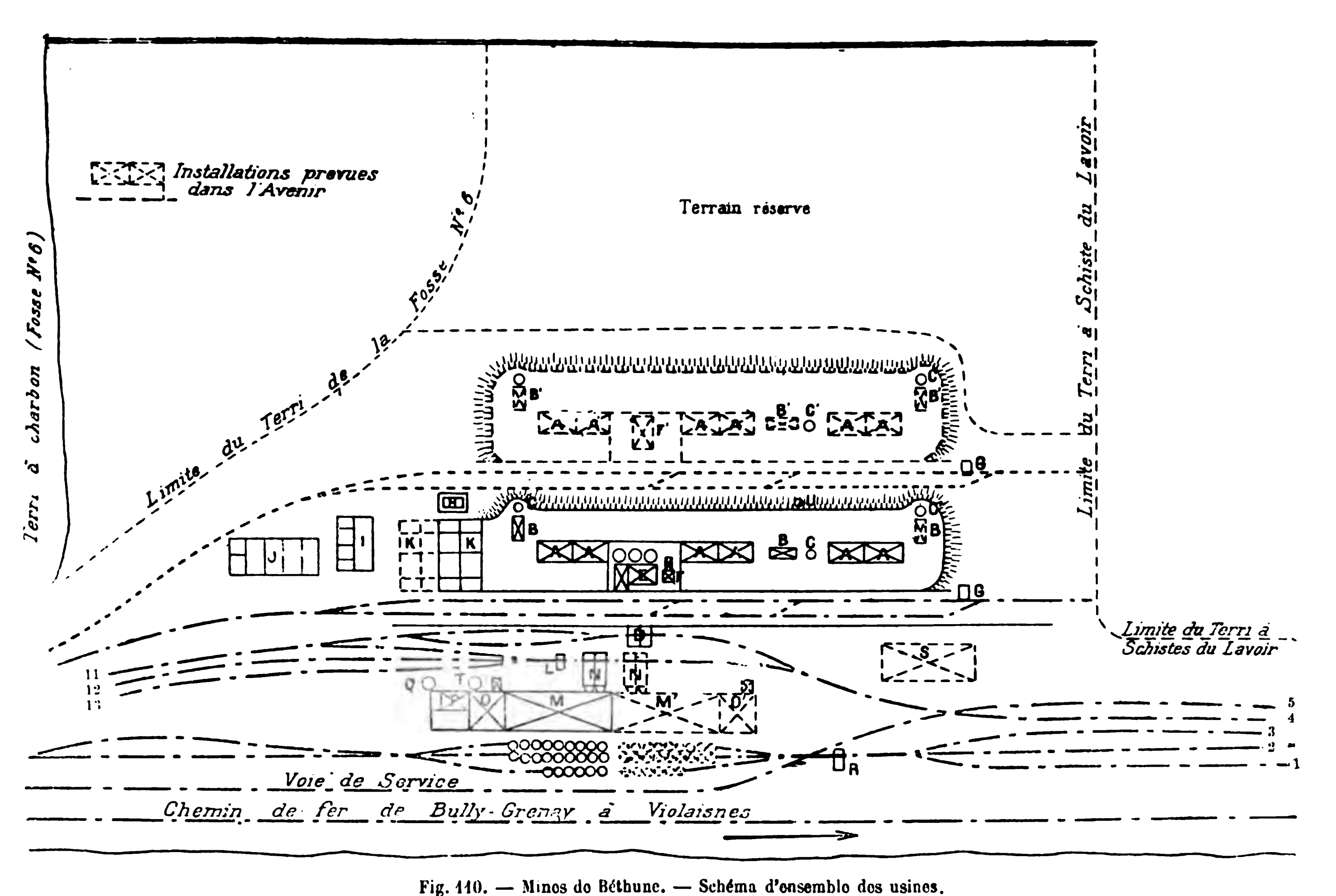


Fig. 110. — Mines de Béthune. — Schéma d'ensemble des usines.

AA' Batteries de 20 fours à coke; BB', Batteries de 3 chaudières Belleville; CC', Cheminées des 3 chaudières Belleville; D, Trémies du déchargement des charbons aux fours à coke; E, Ateliers de préparation de charbons pour coke; FF', Concassage de coke; GG', Bascule des fours à coke; H, Réservoir contenant 1000 mètres cubes d'eau; I, Magasin et ateliers de réparation; J, Bureaux et laboratoire, KK', Bassins de décantation des lavoirs; L, Bascules des charbons bruts; MM', Lavoirs; NN', Trémies de déchargement des charbons bruts; OO', Salles de machines des lavoirs; P, Générateurs Mathot; Q, Cheminée des générateurs Mathot; R, Bascule des charbons lavés; S, Usines à briquettes; T, Bâche recevant les eaux de la pompe du puits; U, Puisard recevant les eaux de la fosse 3.

Le transport des déchets a lieu par wagons Decauville ou par wagonnets.

Laverie d'Aniche — La Compagnie des mines d'Aniche présentait un modèle en relief au 1/50 de son lavoir central de Gayant.

Ce lavoir, construit par M. Evence Coppée, de Bruxelles, a été établi de façon à laver en 10 heures 2000 t. de charbons de 0 à 50 mm, trous ronds, et à pouvoir traiter en même temps des charbons de qualités différentes.

Il donne des produits divers, classés par grosseur, mélangés ou non dans des proportions définies et, suivant le cas, à des teneurs bien déterminées, avec un minimum de déchets par suite de la récupération complète des schlamms produits par le lavage.

Ce résultat est obtenu en faisant déposer les charbons lavés dans de grandes citernes d'une contenance de 400 m³ et de 100 m² de surface au niveau des déversoirs, et les schlamms dans des citernes analogues d'où ils sont enlevés après égouttage, avec les fines lavées.

Les charbons bruts sont déchargés au moyen de deux culbuteurs hydrauliques, élevés par deux norias, et triés sur deux appareils cribleurs.

On peut donc laver séparément ou simultanément des charbons de qualités différentes et faire les mélanges désirables. Les charbons criblés à 9, 15, 30, 50 mm. sont lavés dans dix lavoirs à grains. Les fines criblées de 3 à 6 mm, de 6 à 9 mm et de 0 à 3 mm. au besoin, sont lavés dans 30 lavoirs à feldspath à trois compartiments.

Les grains lavés sont reçus après égouttage dans six silos en béton armé système Hennebique, d'une contenance de 60 t. chacun. Les fines lavées sont égouttées dans 32 silos en béton armé d'une contenance totale de 3000 t. et mélangés ensuite, après dosage, au poussier non lavé; elles sont enfin emmagasinées, pour le service des fours à coke, dans quatre tours en béton armé d'une capacité de 360 t.

Les bâtiments couvrent une surface de 2225 m². L'installation est acotinnée par une machine à vapeur Corliss de 600 chevaux, à condensation, à laquelle sont adjointes une machine Willans de 120 chevaux et une machine à vapeur pour les accumulateurs d'eau servant au fonctionnement des culbuteurs hydrauliques. La nuit, l'usine est éclairée à l'électricité par une dynamo de 40 kilowatts.

Laverie de Carmaux. — La Société des Mines de Carmaux exposait

les plans et coupes d'une nouvelle laverie dont l'installation est actuellement en cours d'exécution.

Cette laverie pourra traiter à l'heure 70 t. de charbons, de grosseurs comprises entre 0 et 40 mm, dans les conditions suivantes.

Classement. — Les charbons provenant des différents sièges d'exploitation sont déversés dans une grande trémie d'approvisionnement d'une contenance de 500 t. Cette trémie est divisée en deux compartiments, au moyen d'une cloison en bois, de manière qu'on puisse séparer les charbons provenant des couches les plus pures des charbons chargés de matières étrangères et traiter à part chaque qualité.

Huit tiroirs d'arrêt, placés à la partie inférieure de cette trémie, servent à la vider sur un transporteur ; afin de supprimer autant que possible les poussières, des buses en bois réunissent le dessous de la trémie au transporteur.

Le transporteur, de $23^{m},50$ de longueur et 800 mm. de largeur, est muni de raclettes ; il amène les charbons dans la fosse d'une noria qui les élève jusqu'à une trémie en tôle et celle-ci les déverse dans un trommel spiraloïde installé à la partie supérieure du bâtiment.

Le trommel se compose de quatre chemises en tôle d'acier, percées de trous de 30, 20, 12 et 6 mm ; il permet le classement, sous l'eau, en cinq catégories : grains de 40 à 30, de 30 à 20, de 20 à 12, de 12 à 6 et fines de 6 à 0.

Lavage des grains. — Les grains de chaque catégorie sont entraînés par un courant d'eau dans un chenal en fer qui les conduit à un crible hydraulique à piston avec bac en fonte ; pour les deux premières catégories, les bacs sont à surface tamisante de $1^{m},25 \times 1^{m},56$; pour la troisième et la quatrième, cette surface est de $2\ m \times 1^{m},56$.

Les grains lavés sont déversés dans des cheneaux en fer munis de trappes mobiles permettant d'effectuer des mélanges de plusieurs catégories dans un couloir collecteur. Les charbons des différentes catégories passent ensuite sur des tamis égoutteurs fixes à garnitures métalliques et se rendent dans des trémies de réserve d'une contenance de 70 t. chacune ; il y a une trémie pour chaque sorte de grains et deux trémies à mélanges pour grains de 40 à 6 mm, soit six trémies à grains capables d'emmagasiner 420 t.

Au moment du chargement en wagon, les grains passent sur un tamis oscillant, où un courant d'eau les dépouille des fines produites pendant les manutentions, et ils sont amenés sans choc au fond du wagon à l'aide d'un couloir incliné mobile.

Traitement des fines. — Les charbons de 6 à 0 obtenus au trommel sont exclusivement destinés à la fabrication du coke ; on les traite dans trois bacs à feldspath avec corps en fonte à double compartiment ; chaque compartiment a une surface tamisante de 800 mm. sur $1^m,100$.

Les fines lavées sont conduites par un chenal en bois dans des caisses en fonte placées chacune dans l'axe d'une trémie, et les caisses sont munies de soupapes avec leviers de commande pour le remplissage des trémies. Il y a six trémies, contenant chacune 115 t., munies à leur partie inférieure de trois tiroirs d'égouttage.

Quand les fines ont suffisamment égoutté, après 40 heures environ, on les fait tomber, par l'intermédiaire d'une buse en tôle avec vanne régulatrice, sur une toile de transport qui les conduit à une noria ; celle-ci les élève sur une nouvelle toile à raclettes, placée sur une grande trémie de réserve pouvant recevoir 220 t. ; au moyen de tiroirs en tôle, le remplissage peut se faire en un point quelconque de la trémie. Huit autres tiroirs, placés en bas de la trémie, permettent le chargement des fines dans des wagonnets qui les conduisent directement aux fours à coke. Le trop-plein qui s'échappe, entraînant avec lui des schlamms, est conduit par un chenal en bois jusqu'à des caisses pointues placées en dehors du bâtiment.

Préparation des menus. — Quand on veut mélanger les grains avec les fines pour obtenir des menus, on dirige les fines lavées dans un chenal spécial où viennent se déverser les grains lavés, mélangés au préalable. Les menus ainsi formés sont envoyés dans cinq trémies de 85 t. chacune, munies de caisses en fonte et de tiroirs d'égouttage comme les trémies à fines ; le trop plein est également envoyé aux caisses pointues.

Produits mixtes. — Les dépôts et les schistes fournis par les cribles à piston sont recueillis par une vis sans fin, ainsi que les schistes fins des deuxièmes compartiments des bacs à feldspath. Cette vis a 350 mm. de diamètre et 23 m. de longueur ; elle fonctionne sous l'eau et amène les produits précédents à une noria de 350 mm de largeur et 10 m. de longueur, qui les élève jusqu'à un moulin à hélice de 200 mm. de diamètre. Les matières finement broyées qui sortent du moulin, passent sur un tamis qui en fait deux catégories ; les produits de chaque catégorie se rendent, par un couloir en bois, à un crible de relavage à deux compartiments, d'une surface tamisante de 800 mm $\times 1^m,100$ chacun.

Le charbon recueilli dans ces bacs peut être mélangé aux fines de 6 à 0 ou conservé à part.

Schistes. — Les schistes provenant des cribles de relavage et des premiers compartiments des cribles à feldspath, sont recueillis par une vis de transport, de 400 mm. de diamètre et 23 m. de longueur, qui fonctionne sous l'eau. Une noria à godets perforés de 400 mm. de largeur et 10^{m},50 de longueur, les élève dans un couloir qui les dirige dans une trémie spéciale.

Schlamms. — Les eaux chargées de schlamms se réunissent dans un bassin, au fond duquel les charbons viennent se déposer. Une noria de 25 m. de longueur prend, en même temps que les eaux, les charbons et les schlamms qu'elles contiennent ; elle les élève à la partie supérieure de la laverie, d'où elles sont dirigées sur les cribles de relavage pour être traitées à nouveau.

Le trop-plein du bassin est repris par une pompe qui le refoule à l'une des extrémités d'une série de caisses pointues ; les eaux sont aspirées par une seconde pompe, à l'autre extrémité, et refoulées dans les cribles hydrauliques. Les dépôts formés au fond des caisses pointues sont évacués dans une fosse où une pompe les élève dans des bassins de décantation.

Force motrice. — Les appareils de la laverie ont été fournis par la Société Humboldt ; ils sont commandés au moyen de trois moteurs électriques qui proviennent de la Société Alsacienne de Belfort. Le premier, de 100 chevaux, commande tous les appareils de la laverie proprement dite, y compris la pompe alimentant le trommel classeur. Le second, de 125 chevaux, commande le transporteur à raclettes de la grande trémie d'approvisionnement et trois pompes centrifuges. Le troisième, de 40 chevaux, commande les appareils qui conduisent les fines à coke des trémies d'égouttage à la trémie de réserve.

Résultats du lavage. — D'après les essais qui ont été effectués, les charbons à 12 0/0 de cendres ont fourni :

86,10 %	de houille	à	5,45 %	de cendres
3,55 %	de id.	à	16,21 %	id.
10,35 %	de schistes	à	67,30 %	id.

Nous avons dit que la laverie pouvait traiter 70 t. à l'heure, soit en 10 heures 700 t. de charbons bruts de 40 à 0. Les lavoirs de chaque catégorie peuvent passer dans le même temps les quantités suivantes :

70	tonnes	de 40 à 30	mm.
100	id.	de 30 à 20	»
150	id.	de 20 à 12	»
160	id.	de 12 à 6	»
300	id.	de 6 à 0	»

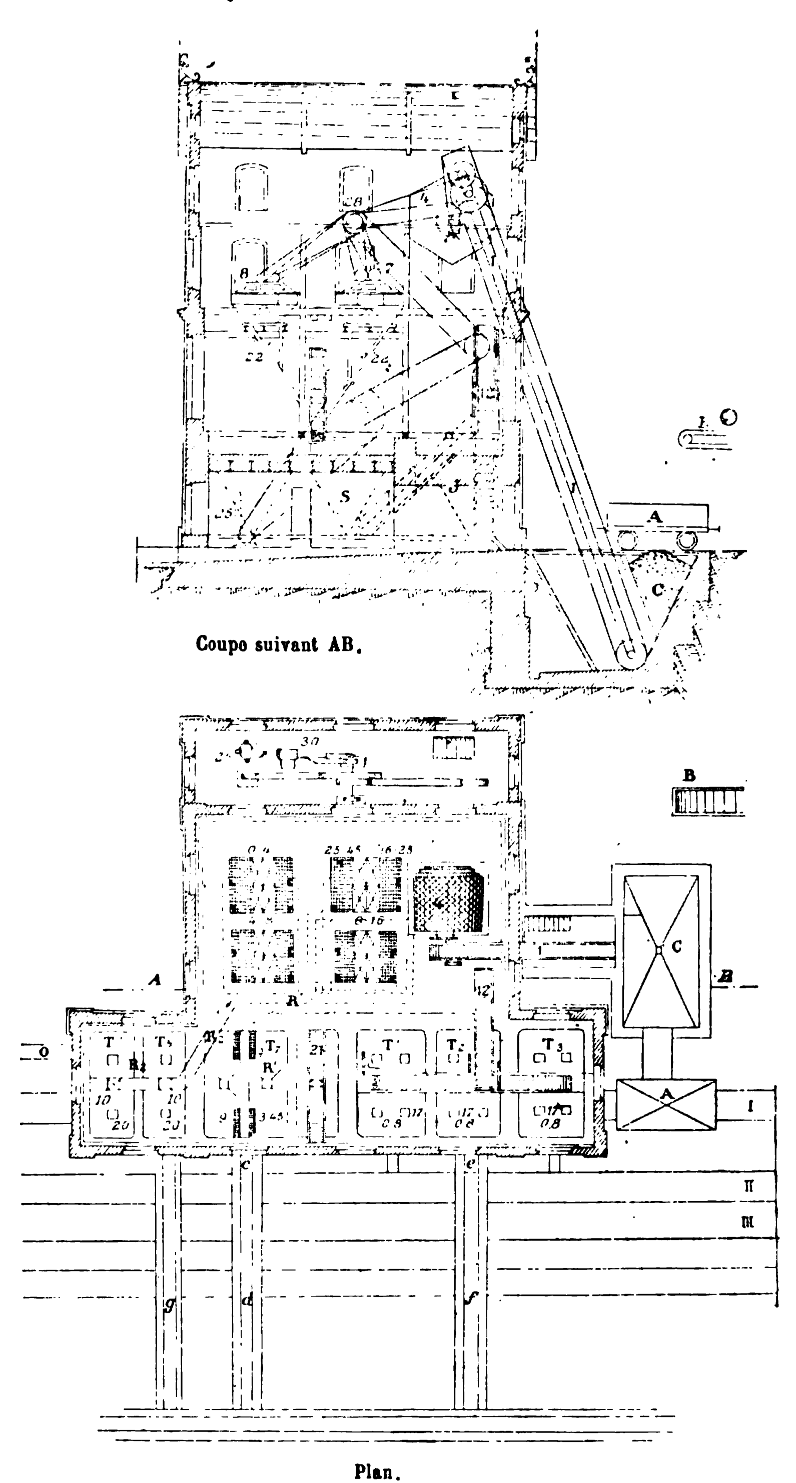
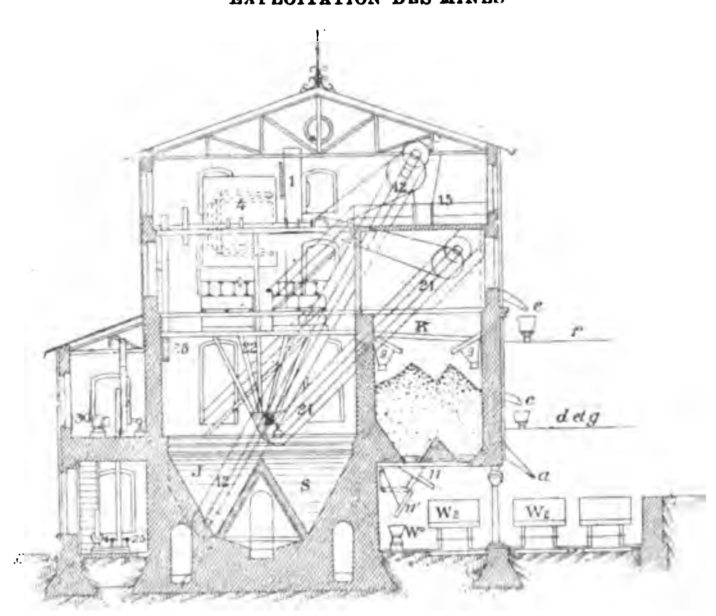


Fig. 111. — Mines de Roche-la-Molière et Firminy. — Lavoir du puits Monterrad N° 2.



Coupe suivant CD.

Fig. 112. — Mines de Roche-la-Molière et Firminy. — Lavorie du puits Monterrad N° 2.

***Légende des figures* 111 et 112.**

A Wagons amenant les charbons des puits autres que Monterrad n° 2.
B Toile sans fin amenant les charbons du criblage Monterrad n° 2.
C Fosse réunissant les charbons à laver.
1 Noria montant les charbons au trommel.
4 Trommel donnant les cinq catégories 25-45, 16-25, 8-16, 4-8, 0-4.
7 Bacs à pistons lavant les catégories 25-45, 16-25, 8-16.
8 Bacs à Feldspath lavant les catégories 4-8, 0-4
12 Noria remontant les 0-8 dans les trémies de chargement.
$T_1T_2T_3$ Trémies de chargement des 0-8.
R' Chenal amenant les 45-25 sur tamis ainsi que les 16-8.
9 Tamis recevant les 45-25, 16-8.
R_2 Chenal des produits mixtes barrés 45-25, 16-8, 0-4.
T_4T_5 Trémies d'approvisionnement des barrés.
21 Noria des schistes.
T_6 Trémie de chargement des schistes.
e Couloirs de 0-8 à entasser.
f Passerelle pour l'entassement des 0-8.
a Couloirs de chargement des 0-8.
c Couloirs des 8-45 à entasser.
d Passerelle d'entassement des 8 45.
11 Goulotte de chargement des 8-45.
g Passerelle d'entassement des barrés de 4-45.
11' Goulottes de chargement des barrés dans wagonnets W°.
11' « » schistes «
W° Wagonnets transportant les barrés aux chaudières.
22 Tuyaux amenant les schistes lavés.
B_1 Auge de la noria à schistes.
S Caisse pointue (Clarification des eaux).
J Fosse d'arrivée des menus lavés.
25 Pompe centrifuge pour la circulation de l'eau.
30 Machine motrice.
W_2 Wagons de chargement.

Laverie de Roche-la-Molière. — Par suite de l'insuffisance de ses ateliers de criblage de la Malafolie, la Compagnie des Mines de Roche-la-Molière et Firminy a commencé, près du puits Monterrad, la construction d'une nouvelle laverie dont elle exposait les plans.

Cette laverie produira 300 t. en 10 heures.

Les charbons à laver, de 0 à 45 mm, sont amenés du criblage mécanique dans la fosse à menus (C) au moyen d'une toile de transport B. Les charbons d'autre provenance peuvent être amenés par wagons sur la voie I et déchargés dans la fosse à menus (fig. 111 et 112).

Une noria relève les charbons dans un trommel à 4 enveloppes (4), permettant d'obtenir les cinq catégories suivantes : 0 à 4 mm, 4 à 8, 8 à 16, 16 à 25, 25 à 45 mm.

Le classement dans le trommel se fait à l'eau, avec injections intérieure et extérieure.

A la sortie du trommel, les charbons sont entraînés par l'eau et se rendent, au moyen de couloirs, dans les lavoirs affectés à chacune des catégories, savoir :

1° Menus de 0 à 4, 2 bacs à feldspath (8) à 2 compartiments chacun;

2° Menus de 4 à 8, 2 bacs à feldspath (7) à 2 compartiments chacun;

3° Grenettes de 8 à 16, 2 bacs à grenailles (7) à 2 compartiments chacun;

4° Braisettes de 16 à 25, 1 bac à grenailles (7) à 2 compartiments;

5° Braisettes de 25 à 45, 1 bac à grenailles (7) à 2 compartiments.

Tous ces lavoirs ont la commande par leviers différentiels permettant le réglage de la course des pistons.

Les bacs à feldspath donnent chacun des charbons lavés et des schistes. Dans les lavoirs à grenailles, on obtient, en outre, un produit mixte devant contenir de 25 à 30 0/0 de cendres.

Les divers produits lavés, entraînés par l'eau à la sortie des lavoirs, et au moyen de couloirs, sont emmagasinés de la façon suivante :

1° Les charbons lavés de 8 à 45, dans la trémie T^7, après avoir passé sur des tamis égoutteurs;

2° Les produits mixtes provenant des différents lavoirs, dans les deux trémies T^4 et T^5;

3° Les schistes, dans une auge B, d'où une noria (21) les relève dans la trémie T^6;

4° Les menus lavés de 0 à 8, dans une fosse J, d'où une noria (12) les relève sur un transporteur à râclettes permettant de les distribuer dans les trois trémies T^1 T^2 T^3.

Les chargements et les entassements sont obtenus de manières différentes suivant les produits :

1° Les mixtes sont chargés en wagons sur les voies I et II, ou en wagonnets Decauville sur la voie O, et leur entassement se fait au niveau de la passerelle *g* ;

2° Les charbons lavés de 8 à 45 sont chargés en wagons sur les voies I et II ; leur entassement se fait au niveau de la passerelle *d* ;

3° Les schistes sont chargés en wagons sur la voie I ou en wagonnets sur la voie O ;

4° Les menus lavés de 0 à 8 sont chargés en wagons sur les voies I et II ; l'entassement se fait au niveau de la passerelle *f*.

L'eau nécessaire pour les lavoirs est relevée au moyen d'une pompe centrifuge (25). Après avoir entraîné les divers produits, les eaux se rendent dans une caisse pointue S, où le dépôt des mourcs commence à s'effectuer.

La clarification s'obtient ensuite dans de grands bassins de décantation (1 000 m³) situés en dehors des lavoirs et, à la sortie de ces bassins, l'eau clarifiée est reprise par la pompe centrifuge qui alimente les lavoirs.

Laverie des charbonnages de l'Espérance. — La Société des charbonnages de l'Espérance et Bonne-fortune exposait les dessins d'un atelier de triage et de lavage, système Humboldt, installé en 1896 au siège Bonne-fortune et capable de produire 300 t. en 10 heures.

Le triage classe les charbons venant de la mise en gailleteries de 80 à 120 et gailletins de 50 à 80. Les autres charbons, de 0 à 50, tombent dans une vaste fosse, d'où ils sont repris par une chaîne à godets et remontés à un crible placé à l'étage supérieur du bâtiment des lavoirs :

Le crible classe à sec, les produits suivants :

Têtes de moineaux	30 à 50
Greusins	20 à 30
Braisettes.	10 à 20
Grains.	6 à 10
Fines	0 à 6

Ces produits tombent dans des cheneaux et sont entraînés par courant d'eau, vers les lavoirs.

Les quatre premières qualités sont passées dans des lavoirs à courant d'eau, puis sur des tamis égoutteurs et déversées dans les tours de chargement. Les têtes de moineaux et les greusins repassent sur un

crible rinceur placé sous les tours, au moment de la mise en wagon.

Les fines sont lavées dans quatre lavoirs à fedspath et conduites dans une citerne où se rassemblent toutes les eaux de la laverie. Elles sont retirées de cette citerne par une chaîne à godets égoutteurs, qui les déverse sur un transporteur à râclettes desservant trois tours d'égouttage où les fines séjournent de 12 à 24 heures avant le chargement en wagons.

Les pierres des lavoirs à feldspath et les menus déchets qui passent par les tamis des lavoirs à courant d'eau, se réunissent dans un transporteur à vis d'Archimède noyée. Celui-ci les ramène à une chaîne à godets qui les déverse sur un lavoir à feldspath relaveur. On récupère ainsi les fines qu'un premier lavage, opéré uniquement au point de vue de la pureté des produits, a fait abandonner dans les schistes. Les charbons de ce lavoir se rendent dans la citerne aux fines, tandis que les schistes se réunissent dans un réservoir où convergent les pierres retirées du charbon par les lavoirs à courant d'eau. Une chaîne à godets relève ces pierres dans une tour d'où elles peuvent être chargées dans des wagonnets circulant au niveau de la recette de la mine.

Les eaux charbonneuses se déversent de la citerne aux fines dans deux rangées de spitzkasten clarificateurs, à l'extrémité desquels elles sont reprises dans un chenal pour être amenées à la pompe centrifuge de circulation, qui relève cette eau clarifiée aux lavoirs. Les boues charbonneuses déposées s'écoulent par des robinets, à la base des spitzkasten, dans un chenal où une pompe à piston les puise pour les relever au-dessus des tours à fines, dans lesquelles tout le charbon fin se trouve ainsi mélangé ; les fines, formant filtre, retiennent ces boues charbonneuses, et laissent écouler à leur base de l'eau claire qui est conduite au chenal alimentant la pompe centrifuge de circulation.

A côté du triage, se trouve disposée une fosse au-dessus de laquelle peuvent être amenés des wagons chargés de charbons étrangers destinés, soit à être lavés, soit à être mélangés aux fines lavées. Ces charbons sont retirés de la fosse par une chaîne à godets et peuvent être reçus dans des wagonnets culbuteurs, pour être conduits aux trémies latérales aux tours à fines, disposées de façon à obtenir un mélange intime au moment du chargement en wagons.

Mise à terril. — La cinquième partie des charbons passés au triage est constituée par des schistes et des pierres provenant de la mine ; les couches exploitées sont relativement peu puissantes et ces pierres deviennent assez abondantes. Une disposition spéciale, imitée de celle du charbonnage de Bois du Luc, est employée pour entasser les pierres et

les schistes sur le sol qui, dans les environs de Bonne-Fortune, se trouve sensiblement plat (Voir fig. 113).

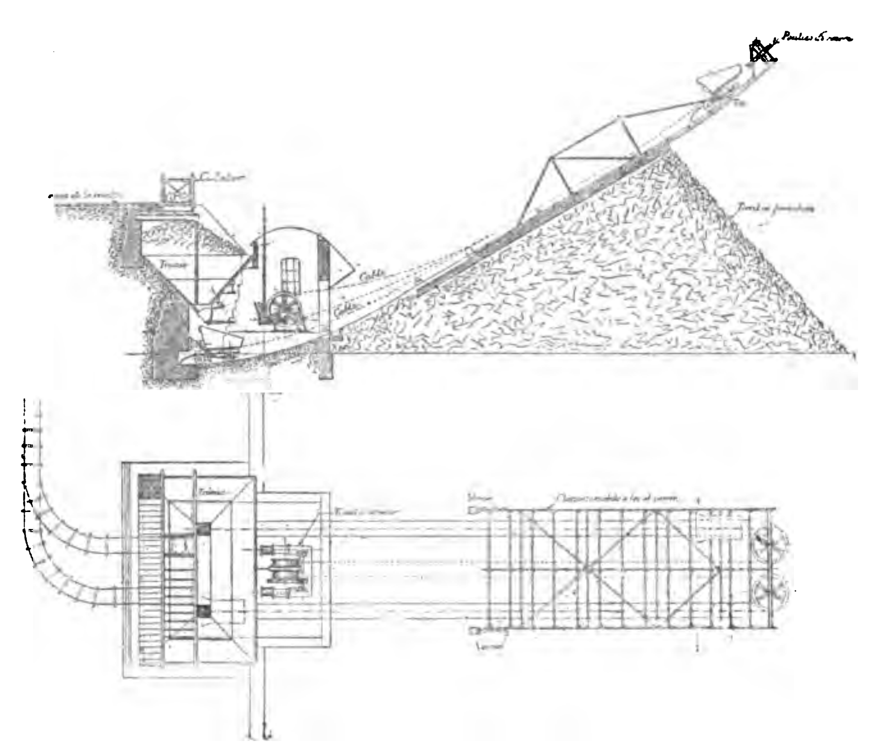


Fig. 113. — Mise à terril des charbonnages de l'Espérance et Bonne-Fortune.

Au niveau de la recette, un culbuteur roulant permet de basculer les pierres dans un réservoir en fonte, placé près du puits, et d'une capacité correspondante à celle de 120 wagonnets. La partie inférieure constitue un double entonnoir, à la base duquel deux trémies permettent le chargement alternatif dans des wagonnets spéciaux à paroi mobile. Ces wagonnets sont remorqués sur un plan incliné à 30° de pente, à l'aide de câbles actionnés par un cabestan placé devant le réservoir, entre les trémies. Au sommet du plan incliné, se trouve une charpente métallique portant les poulies de renvoi des câbles ; cette charpente est en porte-à-faux dans sa partie supérieure, où des tocs sont disposés de façon à provoquer l'ouverture automatique de la paroi mobile des wagonnets qui déversent leur contenu au sommet du tas. Au fur et à mesure que celui-ci s'élève, on avance la charpente métallique sur le plan incliné, qui se prolonge par l'accroissement du tas dont la forme conique assure le maximum d'utilisation du terrain.

Atelier de triage et laverie de Mariemont.— La Société des charbonnages de Mariemont et de Bascoup exposait, dans la section belge, un relief au 1/100 des ateliers de triage et de lavage de Mariemont.

L'atelier central de triage comporte 10 appareils de classement :

1° Quatre grilles permettant la décomposition du charbon en gros et en menu gailleteux.

Avant le chargement sur wagons, les charbons de la seconde catégorie sont reçus sur deux tables tournantes pour subir un nettoyage ; ceux de la première catégorie glissent sur une trémie à pente douce jusqu'au niveau des quais où ils sont repris à la main.

2° Deux grilles combinées avec cribles à secousses et plates-formes de nettoyage, qui permettent de préparer à volonté, soit des fines, soit des menus gailleteux de faible composition.

3° Deux grilles avec crible à secousses, agencées particulièrement pour le triage des haveries et la préparation du combustible nécessaire aux chaudières. Deux tables tournantes assurent le nettoyage des produits refusés par le crible. Sauf les menus en provenance des haveries, dont la reprise se fait sur wagons, tous ces charbons sont recueillis sur chariots de mine, relevés par traînage mécanique au niveau général de réception.

4° Deux grilles pour le traitement des charbons peu gailleteux dont les fines doivent être soumises au lavage. Le refus, ainsi que celui d'un crible à secousses recevant les produits après la séparation des fines, sont déversés sur une toile de nettoyage à l'extrémité de laquelle la reprise se fait sur wagonnets. Ces wagonnets sont dirigés vers d'autres points de l'atelier et les charbons qu'ils contiennent sont incorporés dans les menus gailleteux de forte composition.

Un classement des fines en menus et en têtes de moineaux s'opère ensuite à l'aide d'un second crible. Les premiers sont relevés par une chaîne à godets qui les emmagasine dans une tour ; les seconds sont dirigés vers la laverie par une série de transporteurs et un chenal à courant d'eau.

Laverie. — La laverie, du système Lührig et Coppée, est installée aux abords de l'atelier de triage ; elle peut traiter à l'heure 35 à 40 t. de menus et 15 à 20 t. de têtes de moineaux.

Les menus sont pris en bas de la tour d'emmagasinage par une chaîne à godets qui les relève au niveau d'une série de cribles à secousses superposés ; ils sont classés en cinq catégories : 0 à 5 mm, 5 à 8, 8 à 10, 10 à 18, 18 à 35. Les trois premières catégories passent dans les caisses

à feldspath et les deux dernières dans les bacs ordinaires à grenaille. Après lavage et égouttage, les charbons des catégories de 8 à 35 mm. sont livrés au commerce, soit réunis, soit séparés en 8-18 et 18-35 sous le nom de grains ou braisettes.

Les fines de 0 à 5 et de 5 à 8 sont conduites dans une citerne placée en contre-bas des caisses à feldspath, puis remontées par une noria et dirigées, au moyen d'une série d'hélices, dans les 24 compartiments des tours d'égouttage dont la capacité totale est de 600 t. Après un séjour dans ces tours, elles sont employées à la fabrication des briquettes.

Enfin, les têtes de moineaux sont traitées de la même façon que les charbons de 10 à 35.

La Société de Bascoup présentait dans le modèle en relief du siège n° 5, une autre laverie, du même type que la précédente, traitant les menus de 8 à 30 mm, après classement en cinq catégories, et capable de produire 40 t. à l'heure.

Dans les ateliers de triage des deux sociétés, le classement mécanique est obtenu au moyen des grilles mobiles système Briart, pour les catégories au delà du gailletin, et au moyen de cribles à secousses pour les autres.

Les trommels ont été complètement écartés ; en raison de la nature friable des charbons, ils ne permettent pas d'obtenir la conservation de la partie gailletteuse dans les mêmes proportions que les grilles.

L'appareil de M. Briart, décrit dans de nombreuses publications, se compose de plusieurs grilles superposées fonctionnant toutes de la même façon. Chacune d'elles est formée d'une série de barreaux fixes et d'une série de barreaux mobiles présentant une légère inclinaison et situés, au repos, dans le même plan.

Les barreaux mobiles, reliés entre eux, sont supportés à une extrémité par la table de recette des charbons et à l'autre par deux excentriques calés sur un même arbre. La série des barreaux mobiles se trouve entraînée au-dessus des barreaux fixes pendant une demi-révolution de cet arbre, et au-dessous pendant l'autre demi-révolution. Les charbons sont à la fois soulevés et transportés sur des barreaux mobiles pendant la demi-révolution supérieure ; ils restent au repos, sur la série des barreaux fixes, pendant la demi-révolution inférieure. Ils sont ainsi remués dans toute leur masse, à chaque tour de l'arbre, et le criblage est obtenu rapidement. Les gros morceaux, restés sur les barreaux, sont conduits à la table de recette sans secousses, par une succession de petits transports.

L'appareil comporte autant de grilles superposées que de catégories à obtenir.

Des essais, effectués à Bascoup sur les grilles Briart et sur les grilles ordinaires à main, ont donné les résultats suivants :

Grilles mécaniques :			*Grilles à main :*		
Gros	16,35	48,98	Gros	13,15	44,23
Gailletteries	32,63		Gailletteries	31,08	
Fines		51,02	Fines		55,77
		100 »			100 »

Agglomération

Machine à agglomérer les minerais. — La maison Biétrix, Leflaive, Nicolet et Cie, de Saint-Etienne, exposait une presse à double compression système Couffinhal, destinée à l'agglomération des minerais de fer pulvérulents que l'on peut avoir à traiter dans les hauts fourneaux.

Cette machine est trop connue par de nombreuses applications à la fabrication des briquettes de charbon pour que nous en donnions ici une description. Nous dirons seulement qu'elle permet d'obtenir des briquettes de minerais qui présentent, après séchage, la dureté de la pierre, et peuvent être entassées dans le fourneau sans s'écraser sous le poids de la charge et sans donner des déchets importants pendant la manutention. La matière liante employée est, en général, la chaux hydraulique, dans la proportion de 3 à 6 0/0, qui a l'avantage de servir de castine. Elle agit sur le minerai comme sur le sable dans les mortiers ; il se produit une carbonatation qui fait que les briquettes, assez peu résistantes à la sortie de la presse malgré une compression de 400 à 600 kg. par centimètre carré, acquierrent après séchage une très grande dureté.

Dans les premières presses de ce genre, contruites pour le Creusot, les briquettes avaient la forme parallélipipédique ; depuis, on a reconnu que la forme cylindrique était préférable : elle présente moins d'arêtes sujettes à s'épaufrer et à former du déchet. Actuellement, la presse N° 2 fournit donc des briquettes de 2 kg. ayant environ 108 mm. de diamètre et 100 mm de hauteur ; elle fabrique deux briquettes semblables par coup de balancier et l'allure normale de la machine étant de 25 coups par minute, elle permet d'obtenir une production de 6 tonnes à l'heure.

Presse à briquettes à moule fermé, système Dupuy. — MM. Dupuy

et fils présentaient, dans la classe 63, une machine à agglomérer capable de fonctionner à grande vitesse, pour obtenir à l'heure une production importante de briquettes, avec une force motrice aussi réduite que possible sans diminuer cependant l'effort de compression nécessaire pour avoir une bonne cohésion.

La machine comporte un piston horizontal, actionné par une came et animé de trois mouvements distincts correspondants aux périodes d'emplissage, de compression et de démoulage.

Les ressorts Belleville, employés dans les presses anciennes pour la compression, sont remplacés par un pot de presse qui permet un réglage facile de l'effort communiqué au piston ; la compression varie entre 50 000 et 150 000 kg. suivant que la machine doit produire des briquettes de 2, 6 ou 10 kg., soit 200 kg. environ par centimètre carré de la plus grande briquette. On obtient ainsi, pour un mélange de menus de houille avec 6 à 8 0/0 de brai, une cohésion de 60 à 80 0/0 ; l'emploi des menus de coke a permis d'arriver jusqu'à 83 0/0 de cohésion.

Le volume initial du moule est variable à volonté au moyen de deux petites cames, fixées sur la came de commande du piston, et capables de prendre quinze positions différentes auxquelles correspondent quinze ouvertures du moule sous le distributeur. On peut ainsi, avec le même appareil, traiter des matières plus ou moins foisonnantes, coke, houille, minerais, produits chimiques, terre à briques etc. De plus, il est facile d'obtenir des briquettes d'épaisseurs différentes en modifiant le volume de la chambre qui reçoit la pâte et en changeant simplement une plaque placée à l'extrémité du piston.

Une légère modification du piston et du moule assure la fabrication de deux briquettes par coup de piston, quand les dimensions de cellesci doivent êtres faibles. Enfin, un moule et un piston de rechange supplémentaires permettent d'obtenir des briquettes perforées, au moyen de broches fixes.

Une machine capable de produire, par journée de 11 heures, 80 tonnes de briquettes pleines de 0,335 × 0,225 × 0,110, pesant chacune 10 kg. nécessite une force motrice de 10 chevaux.

Presse à briquettes à triple compression, système Couffinhal. — La maison Couffinhal et ses fils, de Saint-Etienne, présentait au Champ-de-Mars une exposition quelque peu rétrospective de ses machines à agglomérer. A côté de différentes photographies des deux presses bien connues inventées en 1878 et en 1881 par M. Couffinhal, la première à

simple compression et la seconde à double compression, une machine à

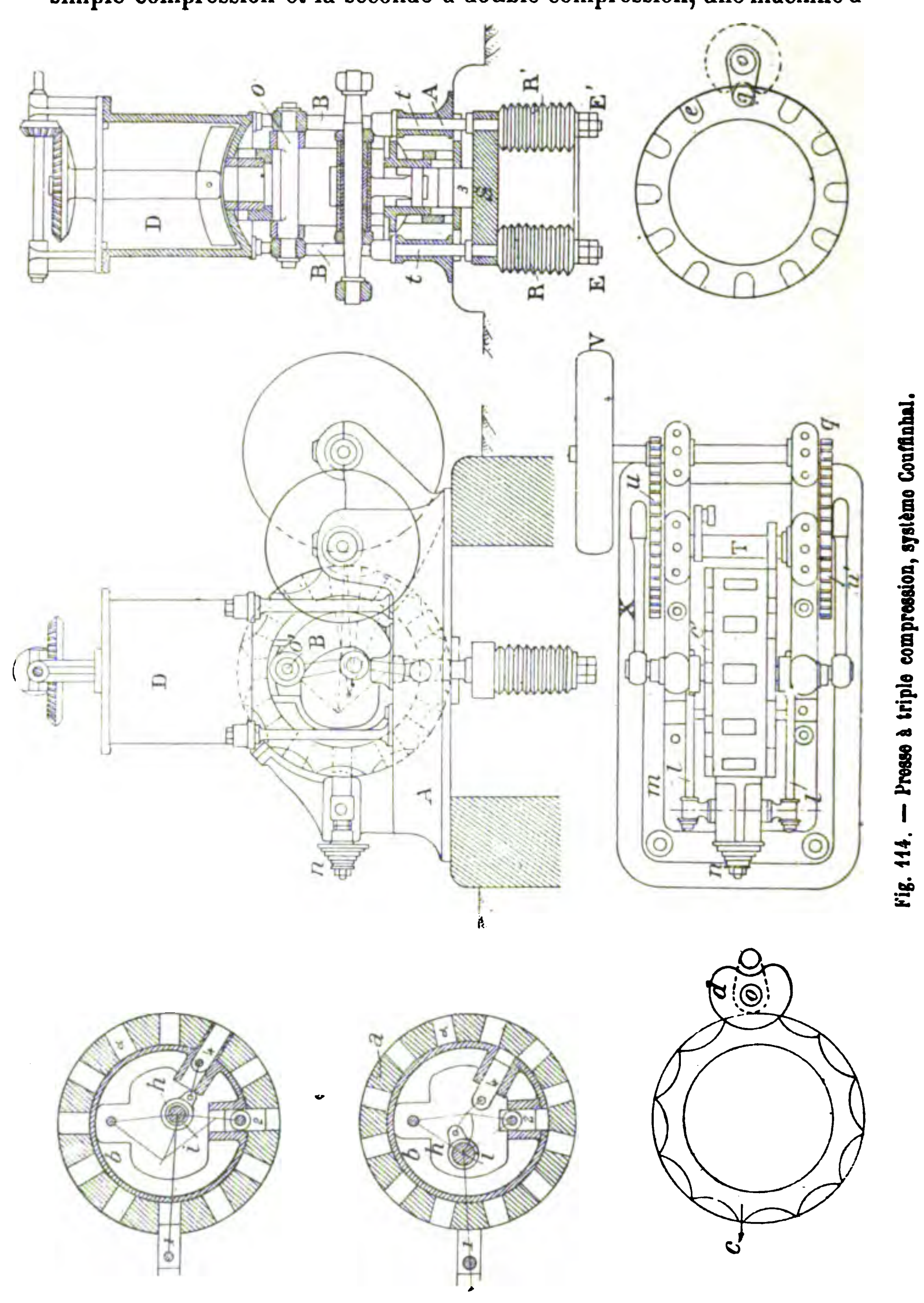


Fig. 114. — Presse à triple compression, système Couffinhal.

triple compression modèle **1900**, du même inventeur, fonctionnait à vide par l'intermédiaire d'un électromoteur.

Poursuivant ses applications, déjà couronnées de succès pour la fabrication des briquettes, M. Couffinhal a cherché à obtenir dans sa nouvelle machine une compression progressive et énergique, qui forme avec la siccité du mélange, la condition absolue d'une bonne cohésion et favorise l'économie de la matière agglomérante. Il a combiné les organes de son appareil de manière à réduire l'encombrement au minimum tout en donnant au mécanisme un fonctionnement relativement simple, étant donné le nombre et l'importance des mouvements indispensables.

Les fig. 114 permettront de compléter la description succincte que nous donnons de cette intéressante machine.

Le plateau à alvéoles est vertical ; il tourne autour d'un noyau fixe qui porte les guides des pistons et de la genouillère. Le bâti forme berceau de la partie inférieure du plateau et reçoit l'ensemble du mécanisme et des transmissions. Le remplissage, la compression et le démoulage s'effectuent dans le sens radial du plateau.

Un premier arbre, muni d'une poulie-volant de commande, actionne par engrenages l'arbre principal qui porte : les tourillons des bielles donnant le mouvement à la genouillère, le levier à galet assurant le déplacement angulaire du plateau et la came à enclenchement maintenant le plateau à l'arrêt. Deux bielles réunissent les tourillons de manivelle de l'arbre principal au joug central de la genouillère.

La partie inférieure de la genouillère porte le piston supérieur de la double compression et reçoit la bielle du piston de démoulage. La partie supérieure de la genouillère est reliée au piston inférieur de la double compression, sur lequel elle agit par réaction au moyen de deux faisceaux élastiques formes de ressorts Belleville.

Des tirants relient le joug central de la genouillère à l'axe oscillant du piston de première et simple compression, et un ressort en spirale dégage ce piston de sa pénétration dans les alvéoles, au fur et à mesure du relèvement de la genouillère.

Le remplissage des alvéoles se fait à la partie supérieure du plateau au moyen d'un distributeur vertical supporté par quatre colonnettes ; chaque alvéole reste en présence de l'orifice d'écoulement du distributeur pendant plusieurs périodes de déplacement du plateau, afin d'assurer un remplissage régulier. Les alvéoles garnies viennent successivement se présenter devant le piston de première compression, qui commence à former les briquettes et enlève le contact avec le berceau du bâti.

Les briquettes sont soumises ensuite à l'action de la genouillère et des deux pistons de la double compression, qui les compriment très

fortement et également sur les deux faces opposées. Après quelques déplacements angulaires du plateau, les briquettes sont enfin expulsées par le piston démouleur attelé aussi à la genouillère.

Après un tour de l'arbre principal, la genouillère reprend sa position raccourcie ; tous les pistons sont à ce moment hors du plateau. Au fur et à mesure que la genouillère se redresse, les pistons pénètrent dans les alvéoles et le même mouvement horizontal des bielles attelées au joug central de la genouillère opère à la fois la première et la double compression de la matière, pendant que le démoulage se fait du côté des transmissions, sur une partie du bâti formant couloir. Le levier manivelle portant galet attaque le plateau par les encoches radiales et provoque son mouvement de rotation ; la came d'enclenchement s'engage en même temps dans les encoches circulaires du plateau et le maintient immobile pendant la durée de pénétration des pistons dans les alvéoles.

La compression maxima peut atteindre 300 kg. par centimètre carré ; elle est maintenue assez longtemps par l'effet combiné des deux passages aux points morts des bielles et de la genouillère et aussi par l'effet du faisceau élastique.

L'intervalle de temps qui sépare la première compression de la double compression, et la durée de celle-ci, permettent à une partie de l'eau contenue dans le charbon de s'écouler facilement.

Cette machine peut donner des briquettes de quatre catégories : 1 kg. à 1^{kg},500, 3 à 4 kg., 5 à 6 kg., 8 à 10 kg. avec une production journalière correspondante de 10 à 25 t., 60 à 70 t., 90 à 110 t. 140 à 160 t.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES PLANCHES

Courbevoie. — Imprimerie E. BERNARD et Cie, 14, rue de la Station,
Bureaux : 29, quai des Grands-Augustins, Paris.


89077799278
B89077799278A


ENGINEERING
LIBRARY


89077799278
b89077799278a